19.11.1993

10

DENEYİN ADI: İnce e^- demeti ile $\frac{e}{m}$ özgül yüklerinin bulunması

DENEYİN AMACI: Düzgün manyetik alan içerisine giren e^-'ların davranışını incelemek;

Bu inceleme sonucunda e^-'ların $\frac{e}{m}$ özgül yüklerini bulmak;

ÖLÇME ÇİZELGELERİ: Kuramsal Bilgiler ??

Föyümüzde verilen devreyi kurduk ve ince e^- demetini oluşturduk. Daha sonra Helmholtz bobinlerinden akım geçirerek demetin tam bir daire haline gelmesini sağladık. Sırası ile r=3cm r=4cm ve r=5cm. için farklı gerilim değerlerine karşı, daireleri aynı yarıçapta tutmak için gereken akım değerlerini ölçtük.

r=3cm	
V(Volt)	I(A)
130	1.70
160	2.10
190	2.35
220	2.55
250	2.80
280	3.00

r=4cm	
V(Volt)	I(A)
130	1.40
160	1.65
190	1.80
220	1.95
250	2.05
280	2.25

r=5cm	
V(Volt)	I(A)
130	1.05
160	1.30
190	1.45
220	1.60
250	1.70
280	1.80

Bir bu I değerlerini kullanarak manyatssal alı yoğunluğunu

$$B = \frac{\mu_0 0.715 n}{R} I = \frac{1.25 \times 10^{-6} \times 0.715 \times 154}{0.1} I = 688.19 \times I \times 10^{-6} \text{ Tesla}$$

olarak bulabilirit. Burada n bobinlerin birinin sarım sayısı, I bobinlerden geçen akım ve R'de bobinlerden birinin yarıçapıdır. Ayrıca e^-'lara etkiyen $F = eVB$ kuvveti ile merkezcil ivmeden doğan kuvvet birbirine eşit olacağından e^-'ların hızları için $v = \frac{e}{m} Br$ elde edilir. Ayrıca enerji bağıntılarından $\frac{1}{2}mv^2 = eV$ 'den $v = \sqrt{\frac{e}{m}}\sqrt{2V}$ bulunur. Bu iki bağıntıdan $\frac{e}{m} = \frac{2V}{r^2B^2}$

bulunur. Düzenlersek $B^2 = \frac{m}{e}\frac{2}{r^2}V$ bulunur. Buradaki tüm değerler bilinmektedir. Bu nedenle biz $B^2 - V$ grafiğini çizersek eğiminden $\frac{e}{m}$ oranına geçmek kolay olacaktır. Aşağıdan B^2 ile V

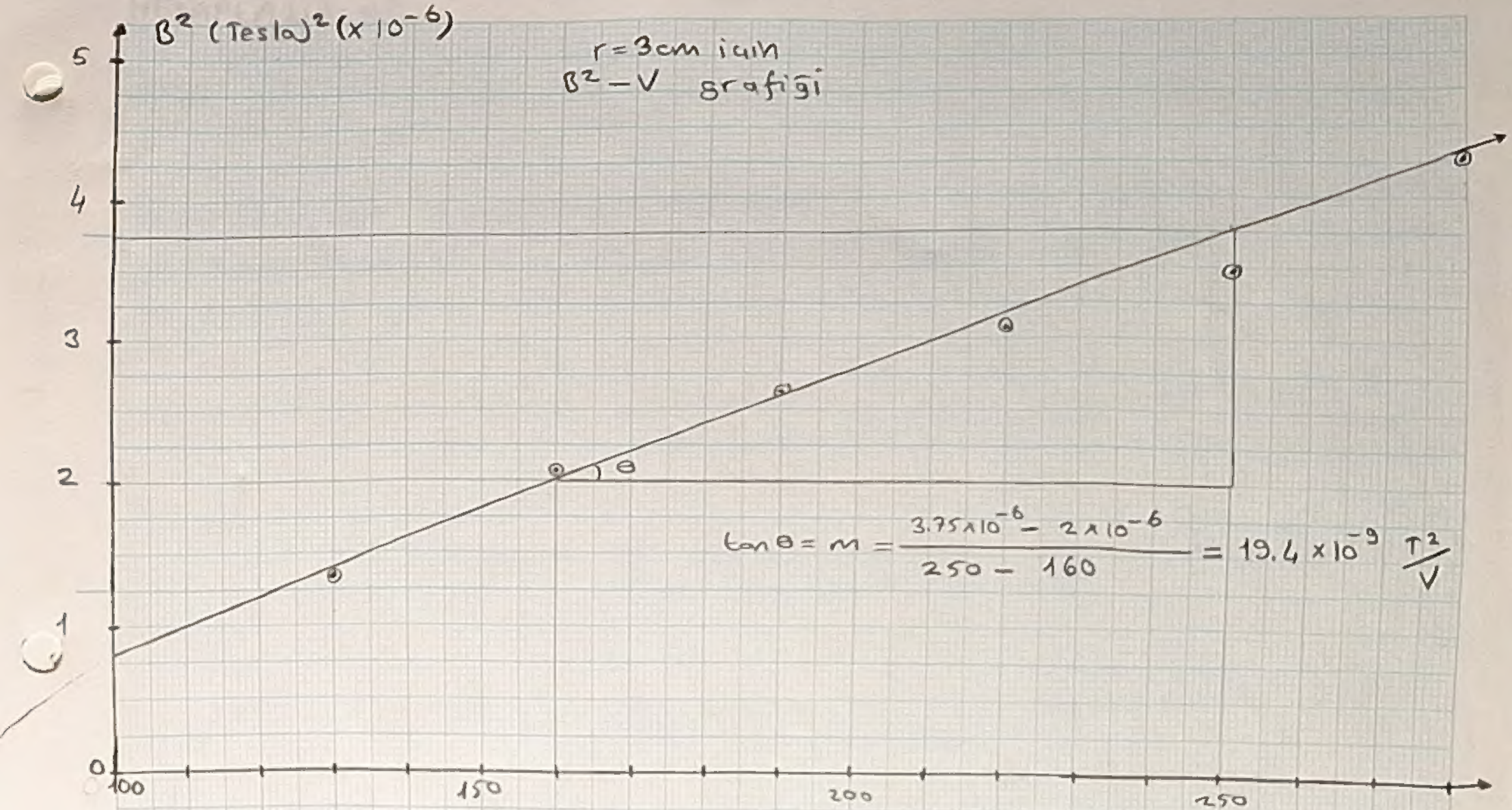
değerleri her yarıçap için bir tablodan verilmiştir.

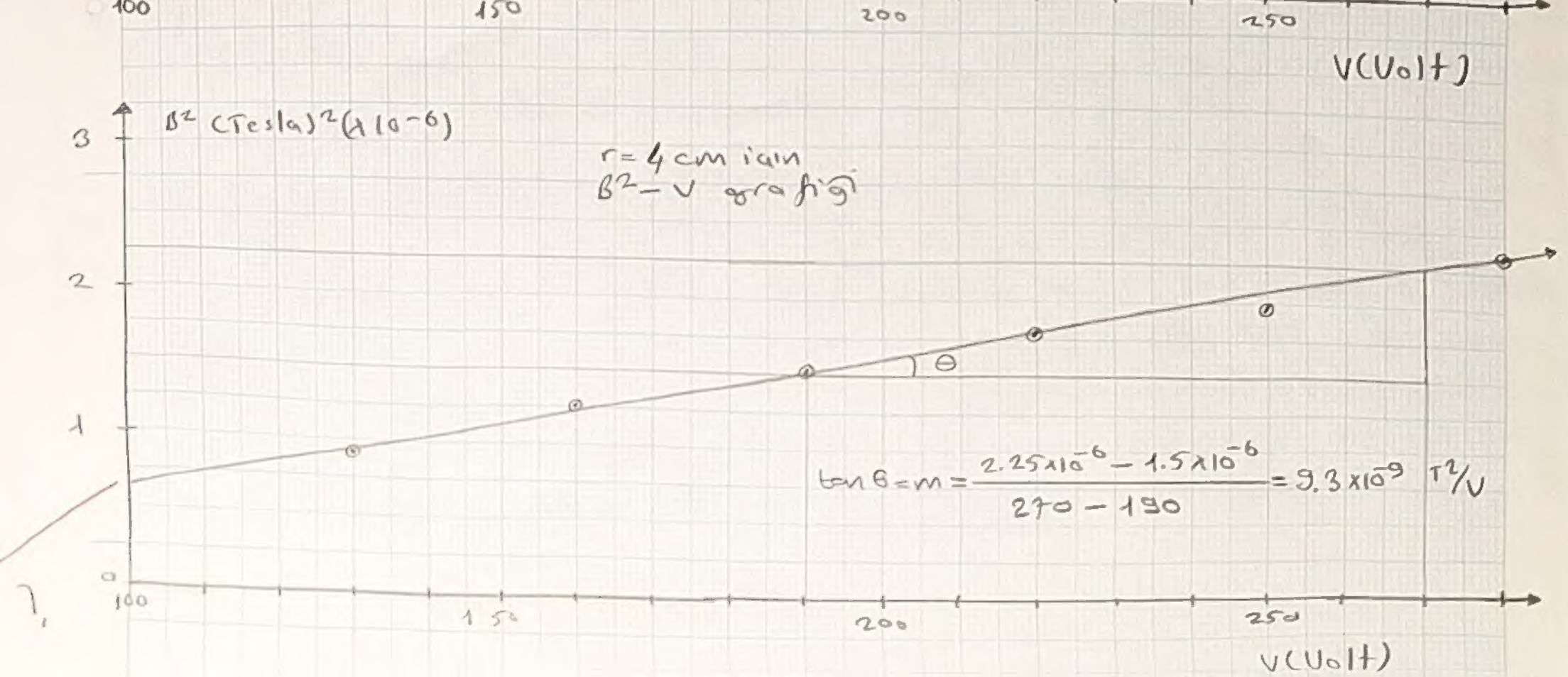
r = 3cm.	
B^2 (T^2)	V (Volt)
1.36×10^{-6}	130
2.09×10^{-6}	160
2.62×10^{-6}	190
3.08×10^{-6}	220
3.71×10^{-6}	250
4.26×10^{-6}	280

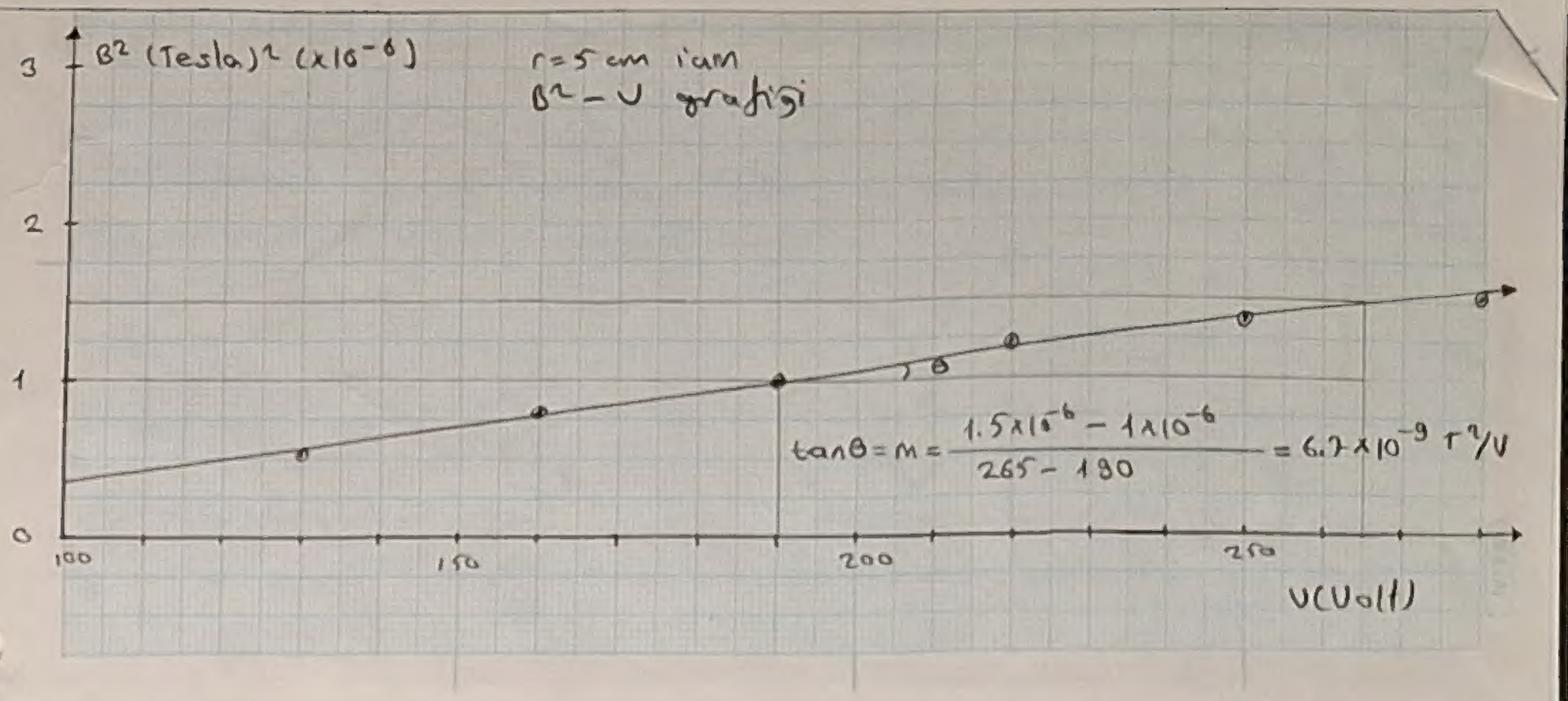
r = 4cm	
B^2 (T^2)	V (Volt)
0.93×10^{-6}	130
1.23×10^{-6}	160
1.53×10^{-6}	190
1.8×10^{-6}	220
1.93×10^{-6}	250
2.39×10^{-6}	280

r = 5cm	
B^2 (T^2)	V (Volt)
0.52×10^{-6}	130
0.8×10^{-6}	160
1×10^{-6}	190
1.21×10^{-6}	220
1.37×10^{-6}	250
1.53×10^{-6}	280

GRAFİKLER :







HESAPLAMALAR: Grafiklerin eğimleri m, $\frac{2m_e}{er^2}$'ye eşittir. Eğim ile karışmaması için e^-'un kütlesini m_e ile gösterdik. Bu halde $\frac{e}{m_e} = \frac{2}{mr^2}$ olur.

Sırası ile; r=3 için $\frac{e}{m_e} = \frac{2}{(15.4\times10^{-9})\cdot(3\times10^{-2})^2} = 1.15\times10^{11}$ C/kg.

r=4 için $\frac{e}{m_e} = \frac{2}{(9.3\times10^{-9})(4\times10^{-2})^2} = 1.35\times10^{11}$ C/kg.

r=5 için $\frac{e}{m_e} = \frac{2}{(6.7\times10^{-9})(5\times10^{-2})^2} = 1.19\times10^{11}$ C/kg

olarak buluruz. Bunların ortalamalarını alırsak;

$\left(\frac{e}{m_e}\right)_{ort} = 1.23\times10^{11}$ C/kg olur. Gerçek $\frac{e}{m_e} = 1.76\times10^{11}$ C/kg

olup bu durumda bağıl hatamız %30 olur.

YORUM:

Bu deneyde deneysel olarak e/me oranının nasıl hesaplandığını inceledik ve gözlemledik. e^-'ların belli bir manyetik alan içerisinde nasıl hareket edeceğini tartıştık. e^-'ların nasıl ince bir demet haline geldiğini öğrendik. Deneyde elde ettiğimiz bu sonucu kullanarak e ya da m_e'den birini bildiğimizi kabul edersek bir diğerini kolaylık.

la elde edebiliriz.

SORULAR VE CEVAPLARI:

1- Manyetik ~~Miknatissal~~ akı yoğunluğunun B olduğu bir bölgeye v hızı ile giren bir yüklü parçacık, B ile v arasındaki açı;

a) Sıfır derece

b) 90°

c) $0<\theta<90°$ arasında herhangi bir değerde olursa nasıl hareket eder?

a) $\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ idi. Bu halde $F = qvB\sin\theta$'dır. $\theta = 0$ ise;
$F = qvB \cdot 0 = 0$ olur. Parçacık hareketine aynen devam eder.

b) $\theta = 90°$ ise $F = qvB$ olur ve kuvvet hız vektörüne dik olacağından parçacık dairesel bir hareket yapar.

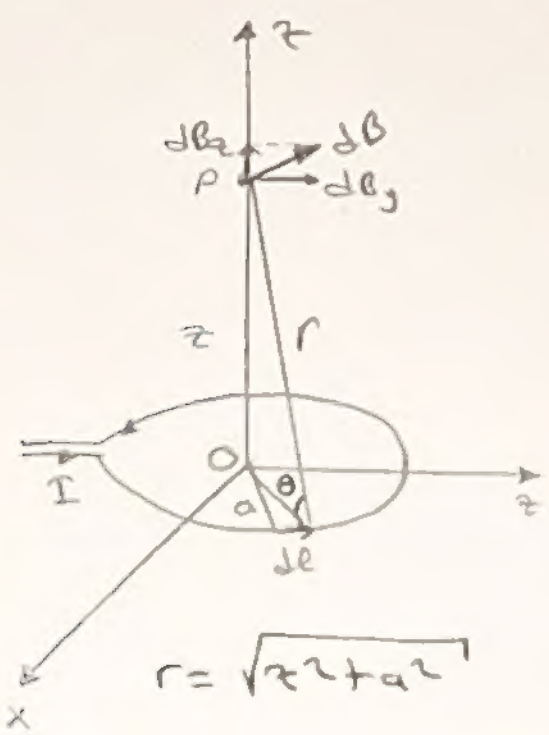
c) $0<\theta<90°$ ise hızın iki bileşeninden birine kuvvet etkirken diğer bileşen yönünde parçacık ilerleyeceğinden bu halde bir helis oluşacaktır.

2- Bu deneyde Helmholtz bobin çiftinin kullanılmasındaki amaç nedir?
Bunun nedeni düzgün ve ~~büyük bir~~ B elde etmektir.

3- e/m'in bulunmasının yorum nedir?
Yorum kısmında söylediğimiz gibi eğer e ya da m'den birini biliyorsak bu oran yardımı ile diğerini(bilinmeyeni) bulabiliriz. ~x

4- Bu deneyde manyetiksal akı yoğunluğunu(B) hesaplamakta kullandığınız bağıntıyı türetiniz.

Biot-Savart kanunu manyetik alanı $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3}$ ile verir. a yarıçaplı bir çemberin merkezinden z kadar uzaktaki P noktasında oluşan manyetik alanı bu kanun ile bulmaya çalışalım.



$r = \sqrt{z^2+a^2}$

dB'nin y doğrultusundaki toplam bileşeni simetriden dolayı sıfırdır. Toplam manyetik alan z yönünde oluşacaktır.

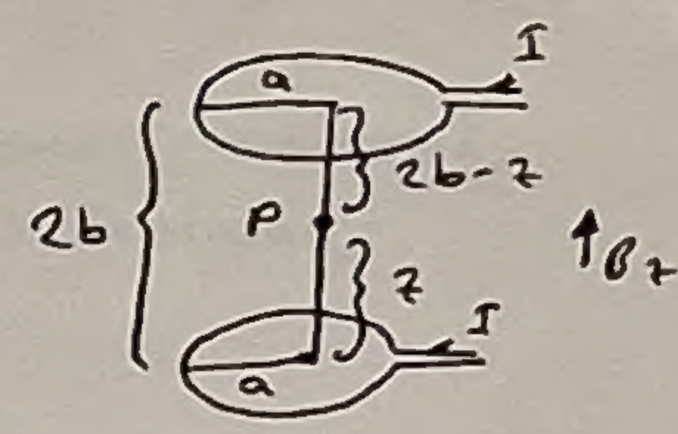
$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_0^{2\pi a} \frac{r}{r^3} \cos\theta \, dl \quad \text{olur.}$$

$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} 2\pi a \frac{r}{r^3} \frac{a}{r} \quad \text{olur.}$$

$$dB_z = \frac{\mu_0 I a^2}{2[a^2+z^2]^{3/2}} \quad \text{olacaktır.}$$

Şimdi Helmholtz bobinlerine bakalım.

$$B_z = \frac{N\mu_0 I a^2}{2\left[z^2+a^2\right]^{3/2}} + \frac{N\mu_0 I a^2}{2\left[(2b-z)^2+a^2\right]^{3/2}}$$



$$B_z = \frac{N\mu_0 I a^2}{2}\left[\frac{1}{(z^2+a^2)^{3/2}} + \frac{1}{\left[(2b-z)^2+a^2\right]^{3/2}}\right]$$ elde edilir.

B_z'nin sabit olduğu nokta için $\frac{dB_z}{dz} = 0$ olacaktır. Bu halde $z = b$ bulunur.

B_z'nin max olduğu yer ise $\frac{d^2B_z}{dz^2} = 0$'dan $a = 2b$ olarak elde edilir. Bunların yerine konursa;

$$B_z = \frac{N\mu_0 I}{a}\,\frac{8}{5^{3/2}} = 0.715\,\frac{\mu_0 I N}{R}$$ bulunur.

8.1.'84
Ömer KOPUZLUOĞLU

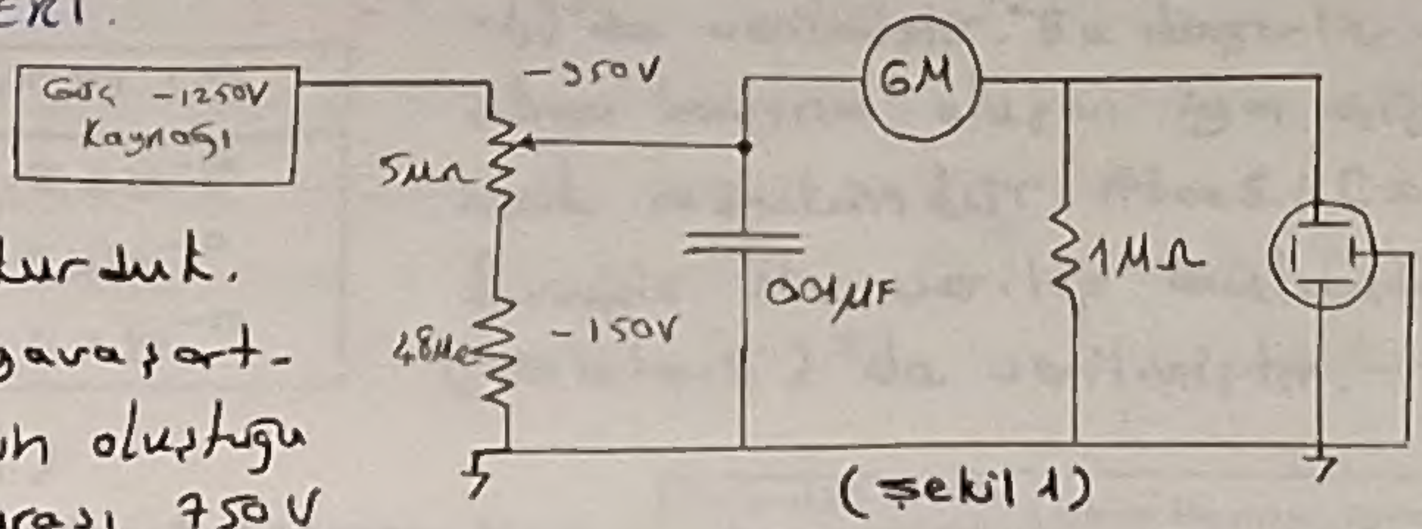
1.12.1993

25/30

DENEYİN ADI: Geiger-Müller Tüpü

DENEYİN AMACI: Geiger-Müller tüpünün çalışma biçimini incelemek;
Elimizdeki GM tüpünün ölü zamanını bulmak;
Sayma hızını ölçmek;

ÖLÇME ÇİZELGELERİ:



(Şekil 1)

Yandaki devreği kurduk. Gerilimi yavaş yavaş artırarak ilk piklerin oluştuğu değere geldik. Burası 750 V civarı idi. Daha sonra gerilimi 840 V'dahaa arttıracak gerilimi vermek için 90 V arttırdık. Böylece sahanlık bölgesindeki 840 V'u çalışma gerilimi olarak aldık. Daha sonra ilk pikle Luna takibeden pik arasını osiloskopta gözledik. Bu tüpün ölü zamanına eşittir.

(Tablo 1)

Ölü zaman (τ)	100 μs

Daha sonra osiloskobun devreden sökerdik. Direnç uçlarından gerilim ölçmek için bir voltmetreyi 1 MΩ'luk direnç uçlarına bağladık. Daha sonra önce γ kaynağı (Co-60), daha sonra β kaynağı (Sr-90) ve ersan olarak her ikisinide GM tüpünün altına koyarak volta) değerlerini okuduk. (Akım sürekli değiştiğinden gerilimde değişir. Bu nedenle ortalama bir V okuduk.

Daha sonra 1 MΩ'luk dirence paralel 0.002 μF'lik bir kondansatör bağladık. Osiloskobuda buna bağladık. Daha sonra şu akıl yürütmesini yaptık:

Eger toplam gerilimi biliyorsak ve 1 pikin gerilim değerinide biliyorsak toplam pik sayısını bulabiliriz. Ama bunun için de bütün pikler aynı boyda olmalıdır. Bunu sağlamak için kaynaklar pik boyları eşit oluncaya kadar uzaklaştırıldı. Osiloskoptan her bir kaynak için pik değeri okundu.

Radyoaktif Madde Işıma biçimi	V (Volt)
γ Kaynağı	0.02 V
β Kaynağı	0.007 V
γ+β Kaynağı	0.025 V

(Tablo 2)

Radyoaktif Madde Işıma biçimi	V (Volt)
γ Kaynağı	0.44 V
β Kaynağı	0.48 V
γ+β Kaynağı	0.48 V

(Tablo 3)

HESAPLAMALAR:

Yukaridaki (Tablo-3) verilerini kullanarak GM tüpünden atma başina geçen q yük miktarini bulabiliriz. Bunu ise sigada toplanan yük formülünden bulabiliriz. C = 0.002 μF olmak üzere bulunan değerler (tablo-4)'de verilmiştir. Bu değerlerden ise atma başina oluşan iyon çiftini bulmak mümkündür. Atma B.İ.Ç = $\frac{q}{1.6\times10^{-19}}$ formülü ile verilip bulunan değerler (tablo-5)'de verilmiştir.

2 nF

Radyoaktif madde ışıma biçimi	q(=CV) (C)
γ Kaynağı	8.8×10^{-10}
β Kaynağı	9.6×10^{-10}
γ+β Kaynağı	9.6×10^{-10}

(Tablo-4)

Radyoaktif Madde Işıma biçimi	Atma başina iyon çifti (adet)
γ Kaynağı	5.5×10^{9}
β Kaynağı	6×10^{9}
γ+β Kaynağı	6×10^{9}

(Tablo 5)

(Tablo-4) ve (Tablo-2) değerlerini kullanarak ve R = 1 MΩ alarak $r = \frac{U}{R_q}$ 'dan birim zamandaki sayma sayisini bulmak mümkündür bu değerler (Tablo-6)'da verilmiştir. r değerlerini kullanarak ölü zaman τ'yu dolaylı bir biçimde

$$\tau = \frac{r(\gamma)+r(\beta)-r(\gamma+\beta)}{r(\gamma)\cdot r(\beta)}$$

Radyoaktif madde Işıma biçimi	Sayma hizi (sayma/s)
γ Kaynağı	22 sayma/s
β Kaynağı	7 sayma/s
γ+β Kaynağı	26 sayma/s.

(Tablo 6)

formülünden bulmak mümkündür. Bu halde;

$$\tau = \frac{22+7-26}{22\cdot7} = 19 \text{ ms olur.}$$

YORUM: Deneyin başinda τ ölü zamani ölçerken şiddeti yüksek olan radyoaktif kaynağı kullandik. Bunun nedeni ilk pik ile ikinci ama değeri düşük pik arasindaki zamanin τ olmasi buna bağli olarakta şiddeti küçük kaynak kullanilirsa 2. pik'in oluşmasinin gerektiği anda GM'ye bir parçacik ulaşmamasi halinde bu pikin daha geç oluşmasi ve τ'nun olmasi gerektiğinden fazla ölçülmesidir. Ama şiddet fazla olursa GM'ye her an parçacik ulaşmasini garanti etmiş oluruz.

Ayrica her pik'in GM'ye gelen bir parçacığı gösterdiğini ama ölü zaman süresince gelen parçacıkların sayılamadığını gördük.

Voltmetre ile yaptığimiz ölçmelerde sayma hizi atmaların büyüklük ve sayisina bağli olduğundan ibre sürekli sapma halindedir. Bu nedenle tam olarak bunların ortalamasini almak mümkün olmadığı gibi yüksek sayma hizlarinda VOM ile doğru ölçüm yapmak güçtür.

ölü zaman bu nedenle dolaylı hesaplamadan çok fazla artar. Nitekim deneydede fark çok büyük çıkmıştır.

Yine sayma hızlarından saymaların ayrı ayrı kaynaklar için toplamı iki kaynağın birlikte bulunduğu durumdan elde edilen saymadan fazladır. Çünkü 2 kaynağın beraber olduğu durumda tüpe ulaşan parçacık sayısı fazla olacak ve ölü zaman boyunca sayılamayan parçacık adedi de fazla olacaktır.

Ayrıca tek bir pik için yaklaşık olarak 10^8 mertebelerinde iyon çifti bulduğu bu parçacıkların enerjilerinin ne kadar yüksek olduğunu gösterir.

Doğrudan ölü zaman ölçme kısmında atmalarda oluşan yüksek-lik artışı katoda doğru yavaş ilerleyen pozitif iyonların $\vec{E}$ alanın değerini düşürücü etkilerinin azalmasıdır. İşte tüp yavaş yavaş kendine gelmektedir.

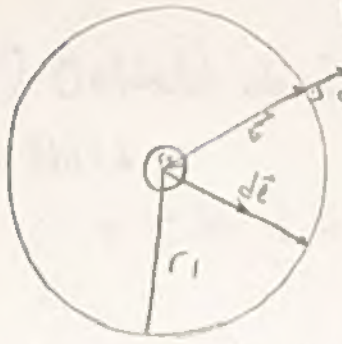
SORULAR VE CEVAPLARI:

1- GM tüpündeki sondürme gazının görevini, GM tüpüne uygulanan yeterince büyük gerilimler için sondürücü gazın süreklî boşalmayı neden önleyemediğini açıklayın.

GM tüpündeki sondürme gazı uyarılmış atomlar tarafından salınan fotonları absorbe ederek ayrışırlar. Böylece fotonların başka iyonlaşmalara yol açarak tüpü etkilemesi engellenir. Ancak gaz organikse yeniden birleşemez. Yüksek gerilimlerde yeni sahanlıktan sonralı bölgede süreklî iyonlaşma olacak ve bu arada yakalanmaya fotonlarda olacak gaz tamamen iyonlaşırsa hiç biri yakalanamayacak ve sağlıklı bir ölçüm yapılamayacaktır.

2- Boşlama gerilimi neden anod telinin çapına bağlıdır? Açıklayın

Bu işe gelmiş 2 silindir arasındaki $\vec{E}$ alanının silindir yarıçapı ile orantılı olmasıyla ilgilidir.



Gauss yasası ile;

$\int E d\vec{s} = \frac{q_{net}}{\varepsilon_0}$ yazılabilir. $q_{net} = \lambda L$ olur.

λ : Birim uzunluktaki yük sayısı

L : Silindir uzunluğu

Ayrıca $\vec{E} \parallel d\vec{s}$ ve aralarındaki açı $0°$'dir.

Bu halde $\varepsilon_0 E \int ds = \lambda L$ ve $S = 2\pi r L$ olup

$\varepsilon_0 E 2\pi r L = \lambda L$

$E = \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r}$ olur.

$$\boxed{E = \frac{\lambda}{2\pi \varepsilon_0 r}}$$

Bozalma gerilimi için; $V = +\int \vec{E}\,d\vec{l}$ yazabiliriz.

$= +\int_{r_2}^{r_1} \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}\,dr = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln\frac{r_2}{r_1}$ olup

$E = \frac{V}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{r \ln\frac{r_2}{r_1}}$ olur. Boraldığı gibi anot yarıçapı E ile ters orantılıdır.

$\vec{E}$ artarsa e^-'lerin hız kazanmasına ve anoda çabuk ulaşmasına dolaylı olarak sayımın çabuklaşmasına neden olur.

3- Yüklenmemiş bir G-M tüpünde çığ atmasının büyüklüğü neden başlama ve işleme gerilimleri farkına eşittir? Açıklayın. Tüpün sığası ve direnci bu gerilimi neden küçültmektedir?

İlk atma gözlendikten sonra gerilim çalışma gerilimine çıkarıldığından fazladan eklenen bu gerilim farkı atma şeklinde ortaya çıkar. Bu nedenle bu gerilim farkı bize atmanın büyüklüğünü verir.

4) $dr = (1 - r\tau)\,dr_0$ denklemini açıklayın?

Önce bu denklemi çıkaralım;

G-M'ye gelen parçacıkların toplam sayısı r_0 olsun. Algılanabilen sayı ise r olsun. τ ölü zaman ise $r\tau$ toplam ölü zamanda algılanabilen parçacık sayısı için ölü zamandır.

1 s'de r_0 parçacık geliyorsa
$r\tau$ s'de x " gelir. $\Rightarrow x = r_0 r\tau$ olur.

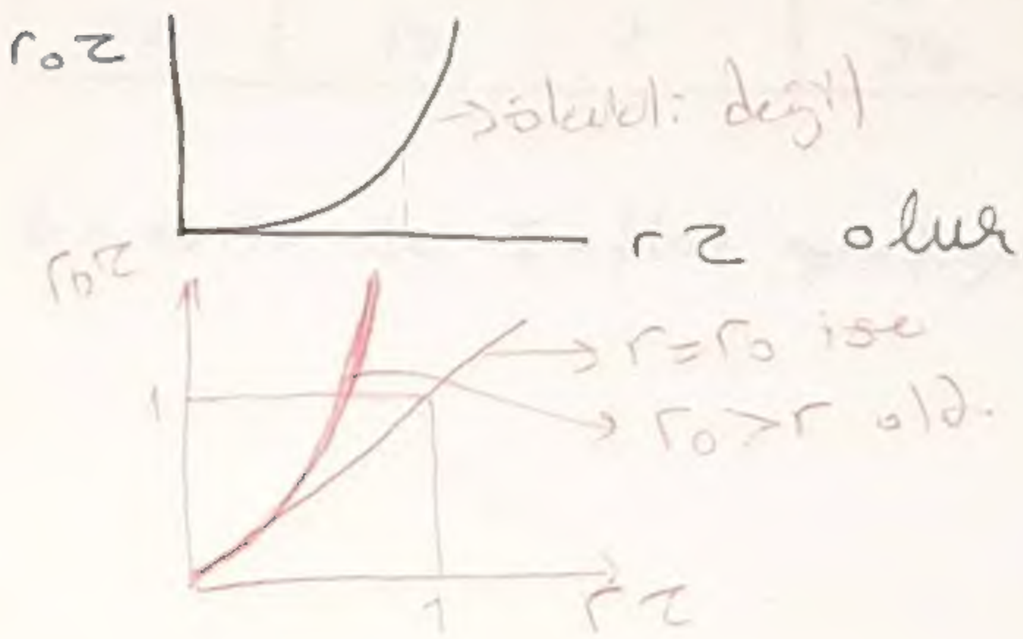
Toplam gelen parçacık sayısı $r_0 = r + r_0 r\tau$ olup
$r_0(1 - r\tau) = r$ yazılabilir.

Eğer r_0'da dr_0'lik artış olursa dr'deki gerçek değişim
$dr = (1 - r\tau)\,dr_0$ olur. İntegre edilirse
$r = \frac{(1 - e^{-r_0\tau})}{\tau}$ olacak bulunur

5) Üstteki denklemi r_0 için çözünüz. $r_0\tau$'nun $r\tau$'ya göre değişimini çiziniz

$r\tau = 1 - e^{-r_0\tau} \Rightarrow e^{r_0\tau} = 1 - r\tau$

$r_0\tau = \ln|(1 - r\tau)| \Rightarrow r_0 = \frac{\ln|(1 - r\tau)|}{\tau}$



20/EU - 10.12.1953

DENEYİN ADI: TEK YARIKTA KIRINIM VE HEISENBERG BELİRSİZLİK İLKESİ

DENEYİN AMACI: Tek yarıkta kırınım olayını inceleyerek bunu Heisenberg belirsizlik ilkesi ile karşılaştırmak.

ÖLÇME ÇİZELGELERİ:

Deney düzeneğini kurduk ve farklı iki tek yarık için kırınım deseni boyunca bir fotohücre ile 1 mm. aralıklarla ışık şiddetini ölçtük.

1. Yarık için alınan veriler:

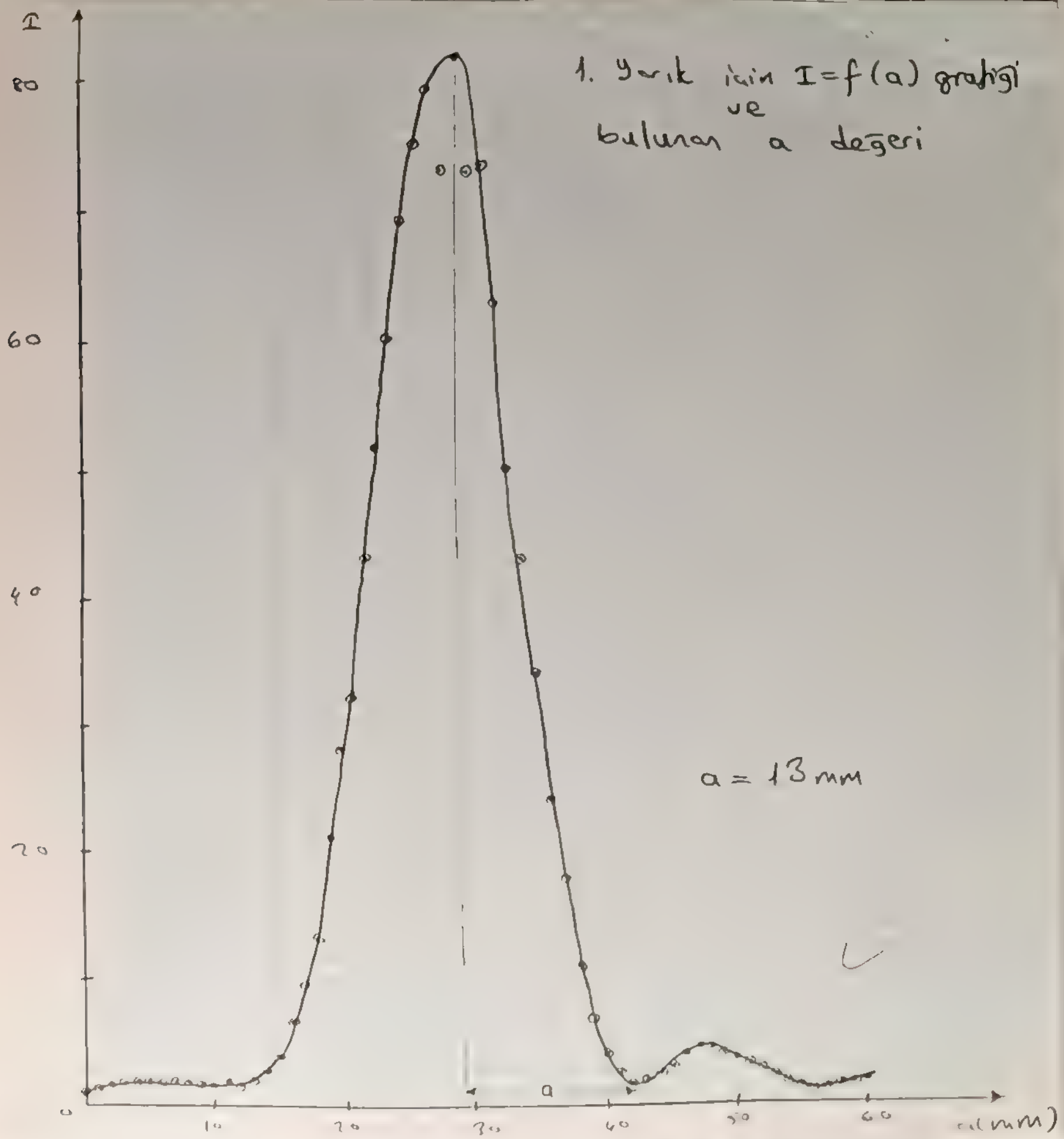
Yarık genişliği: $d = 83.3 \times 10^{-3}$ mm.

Yarık-Perde uzaklığı: $D = 164.5$ cm.

$\lambda = 6328 \text{ Å}$

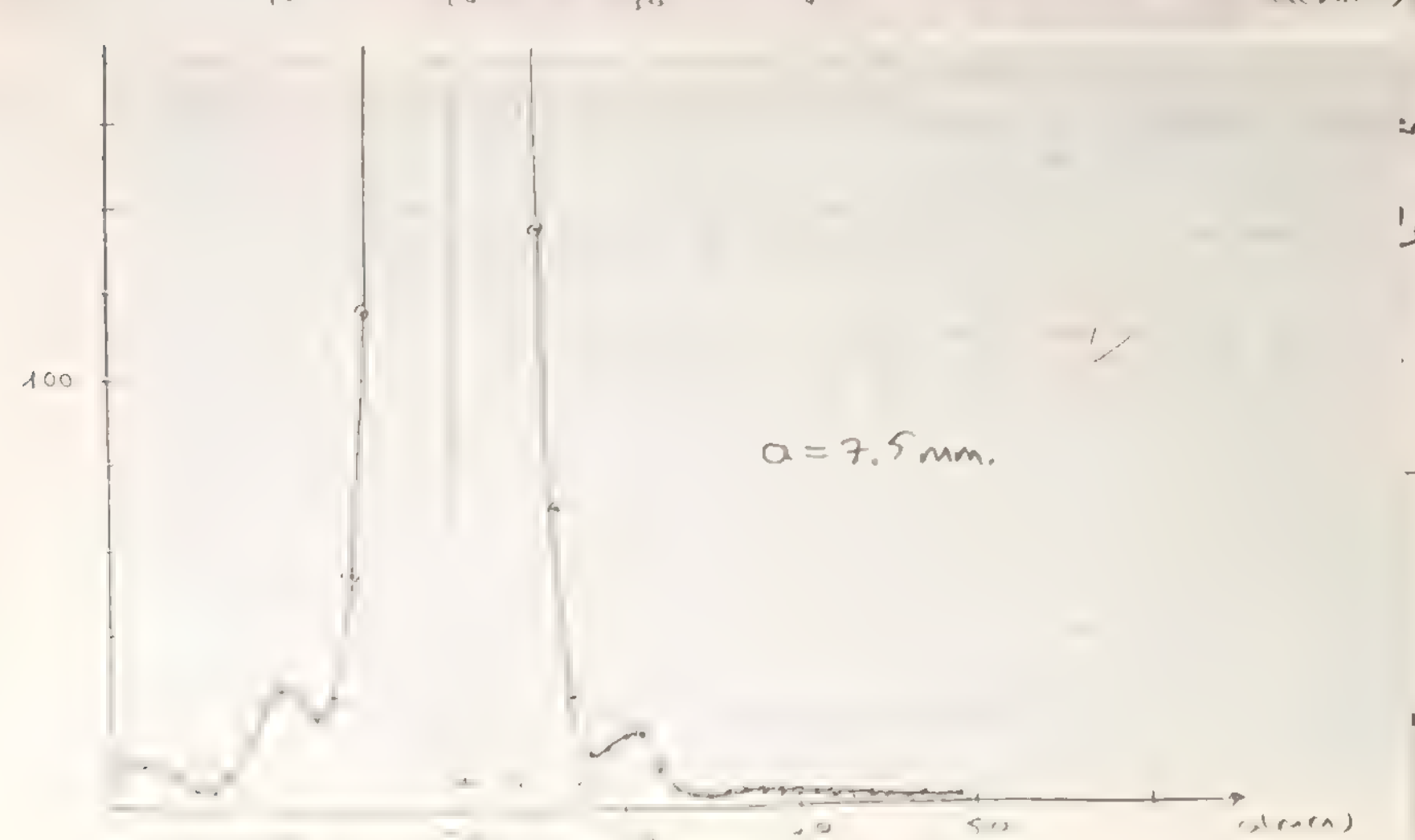
I	a (mm)	I	a(mm)	I	a(mm)
1	0	28	20	4	40
1.4	1	32	21	2.5	41
1.6	2	43	22	1.9	42
1.7	3	51.5	23	2	43
1.9	4	60	24	2.5	44
1.9	5	69	25	3	45
1.8	6	75	26	4	46
1.9	7	79.5	27	4.5	47
1.9	8	73	28	4.4	48
1.7	9	82	29	4.1	49
1.6	10	73	30	3.7	50
1.8	11	73.5	31	3.1	51
1.5	12	63	32	2.7	52
2	13	50	33	2.2	53
2.6	14	43	34	1.6	54
3.9	15	34	35	1.4	55
6.7	16	24	36	1.2	56
9.5	17	18	37	1.2	57
13.1	18	11	38	1.3	58
21	19	7	39	1.5	59
				1.5	60

Bu verilerle $I = f(a)$ grafiğini çizdik.



1. Yarık için $I = f(a)$ grafiği ve bulunan a değeri

$a = 13\,mm$



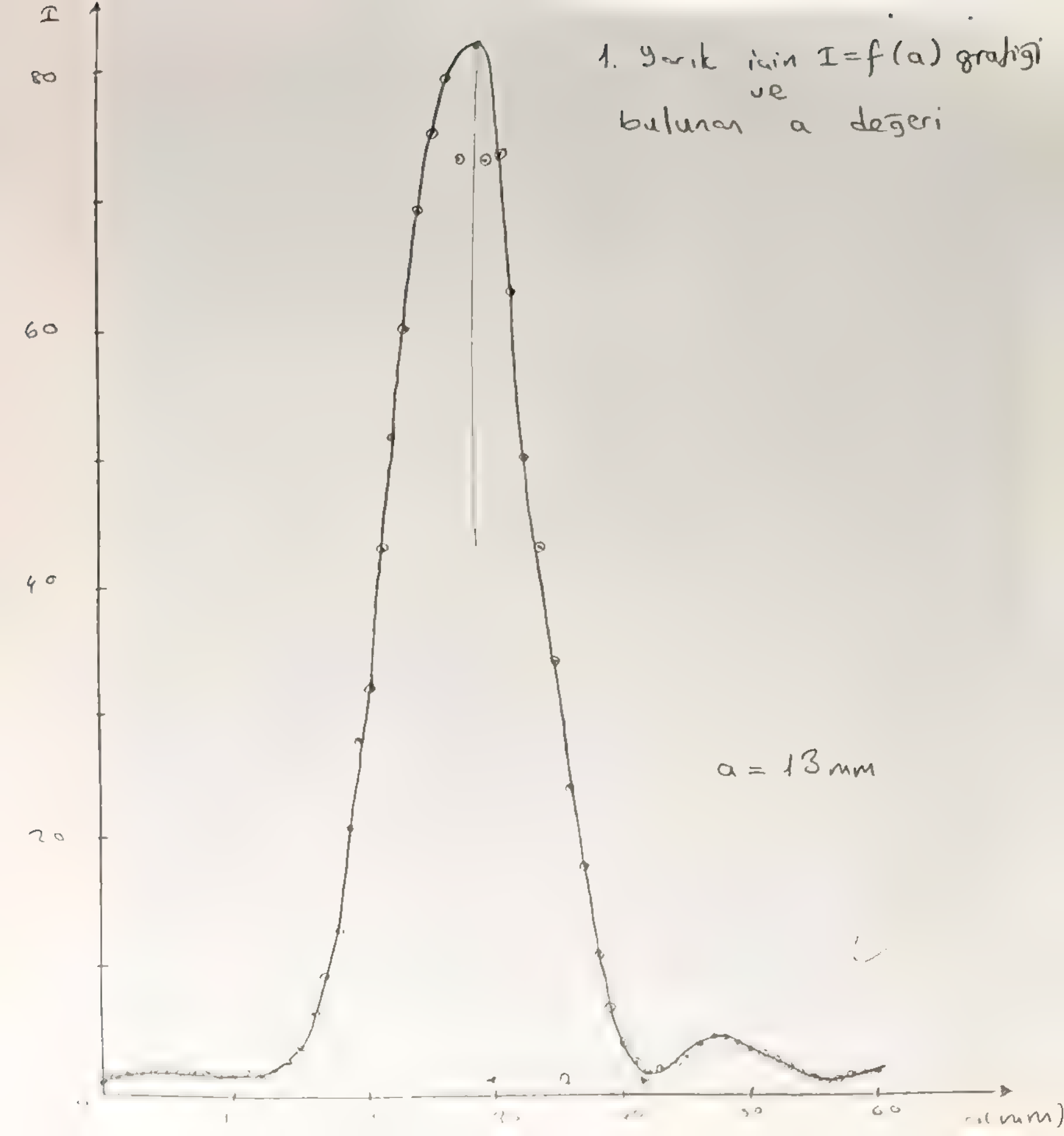
$a = 7.5\,mm.$

:ler ge-

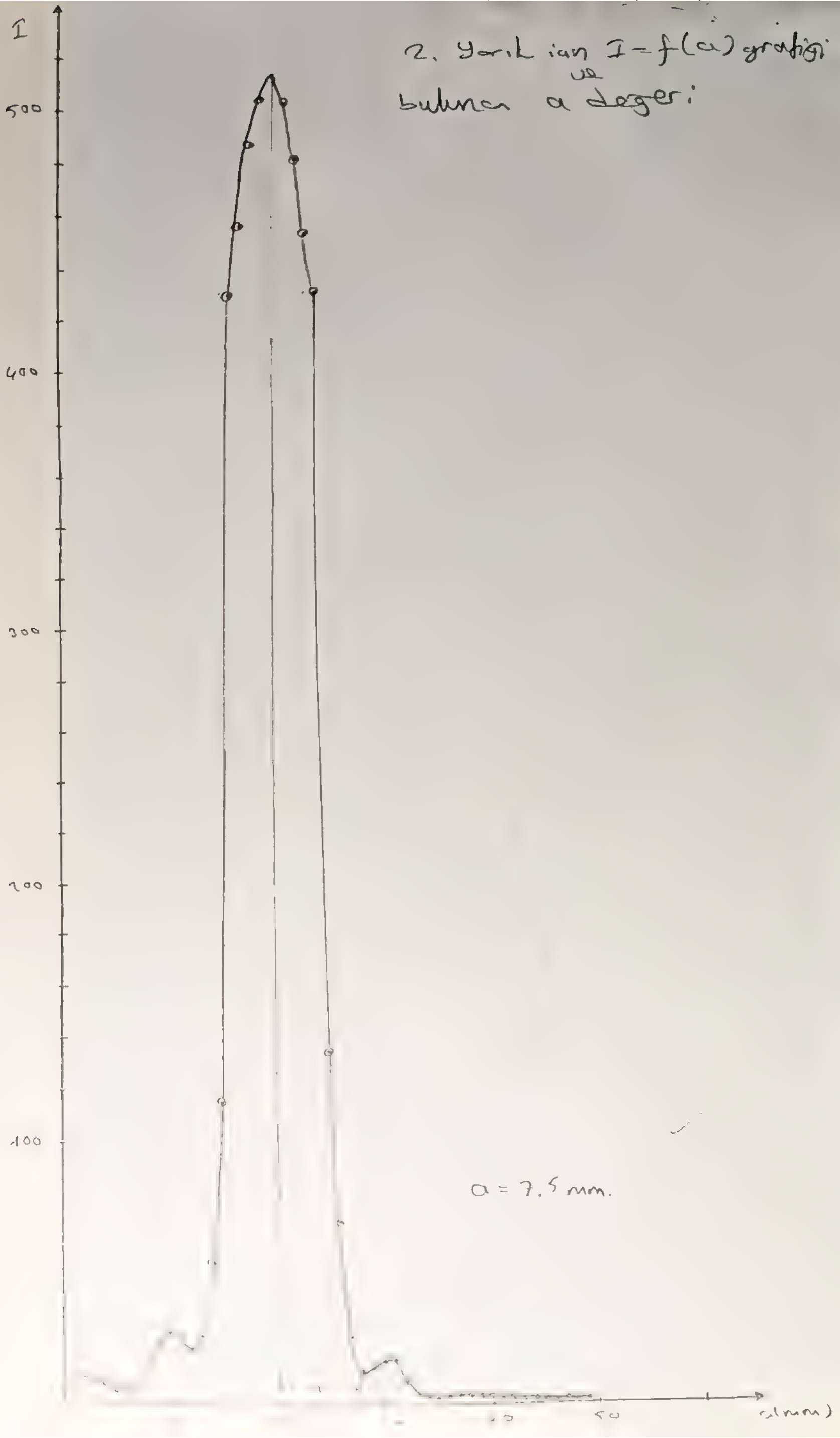
'ulcak;

.62° bulunur.

ık


I
80
60
40
20
1. Yarık için I=f(a) grafiği ve bulunan a değeri
a = 13 mm
60
a (mm)

2. Yarık için $I = f(a)$ grafiği ve bulunan a değeri:



2. Yarık için alınan veriler

Yarık genişliği : $d = 208.3 \times 10^{-7}$ mm $\lambda = 6328 \text{ Å}$

Yarık perde uzaklığı : $D = 152$ cm.

I	a(mm)	I	a(mm)	I	a(mm)
5.7	0	456	17	4.7	34
9	1	486	18	2.8	35
10	2	506	19	2.6	36
9.2	3	513	20	3.1	37
7.3	4	503	21	3.2	38
4	5	481	22	3.0	39
3.5	6	456	23	2.1	40
7	7	432	24	1.6	41
15.7	8	137	25	1.5	42
24.5	9	30	26	1.5	43
28.5	10	26	27	1.4	44
26	11	12.5	28	1.3	45
21.5	12	13.2	29	1.3	46
27	13	17	30	1.2	47
55	14	17	31	1	48
117	15	14	32	0.9	49
432	16	9	33	0.9	50

(Toplam): 247

Bu veriler ile $I = f(a)$ grafiğini çizdik.

HESAPLAMALAR:

1. Yarık için: $a = 13$ mm olarak bulundu.

Deneysel veriler kullanılırsa $\text{tg}\alpha = \frac{a}{b}$ olup değerler yerine konulursa

$\text{tg}\alpha = \frac{13\text{mm}}{1645\text{mm}} \Rightarrow \alpha = 0.45^\circ$ bulunur. Kuramsal olarak;

$\text{tg}\alpha = 1.43 \frac{\lambda}{d} \Rightarrow \text{tg}\alpha = 1.43 \frac{6328 \times 10^{-7}\text{mm}}{83.3 \times 10^{-3}\text{mm}} \Rightarrow \alpha = 0.62^\circ$ bulunur.

$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda} \sin\alpha$ olup

$= \frac{6.62 \times 10^{-34}}{6328 \times 10^{-10}} \cdot \sin(0.45) = 8.22 \times 10^{-30}$ kg·m/s olur

$\Delta y = 83.3 \times 10^{-6}$ m olup $\Delta p_y \Delta y = 6.85 \times 10^{-34}$ J·s olarak bulunur.

2. yarık için: $a = 7.5\,mm$ olarak bulundu.

Deneysel veriler kullanılırsa $\tan\alpha = \frac{a}{b}$ olup değerler yerlerine konursa

$$\tan\alpha = \frac{7.5\,mm}{1520\,mm} \Rightarrow \alpha = 0.28°$$

Kuramsal olarak $\tan\alpha = 1.43\,\frac{632.8\times10^{-9}\,mm}{208.3\times10^{-3}\,mm} \Rightarrow \alpha = 0.25°$ bulunur.

$\Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\sin\alpha$ olup $\Delta p_y = \frac{6.62\times10^{-34}}{632.8\times10^{-10}}\sin(0.28) = 5.11\times10^{-30}\,kgm/s$

ve $\Delta y = 208.3\times10^{-6}\,m$ olup $\Delta p_y\,\Delta y = 10.64\times10^{-34}\,J\cdot s$ bulunur.

YORUM: Bu deneyde Heisenberg belirsizlik ilkesini kırınım olayı ile bağdaştırarak inceledik. Çözümleme sırasında Δy değerini yarık genişliği olarak aldık. Çünkü biz fotonun nerede olduğunu tam olarak bilmiyoruz ama yarık arasında olduğunu biliyoruz.

Yarık genişliğindeki artışın şiddet deseninde bir sivrileşmeye neden olduğunu ancak desen altındaki alanın aynı kaldığını gördük.

D (yarık perde arası uzaklık) değerinin artması ise a aynı kalacak şekilde şiddet deseninin genişlemesine neden oluyordu

Deneyin ilk kısmında ve 2. kısmında $\Delta p\,\Delta y$ belirsizliği Heisenberg ile uyumlu ve $\frac{\hbar}{2}$'den büyük değer aldı. Bir kırınım deneyi için bu çarpımı $\hbar$ olarak bulmuştuk ancak deneysel hatalar nedeniyle özellikle 2. ış için bu değerden oldukça sapma oldu ve her iki yarık için bağıl hatalarımız sırasıyla;

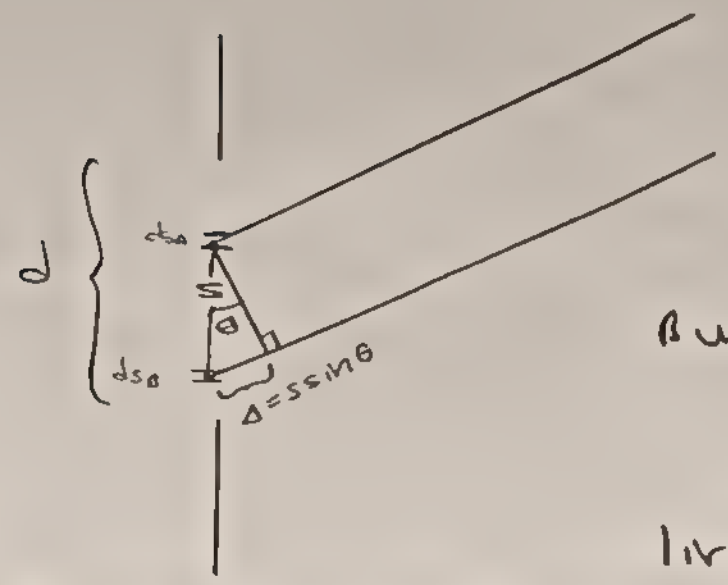
%3.5 ve %60.7 oldu. Ayrıca sıfır noktalarının hesaplanmasında bu değerlerin $d\sin\theta = (n+\frac{1}{2})\lambda$ ile bulunan değerlerden daha küçük olduğunu gördük. (Bununla ilgili hesaplamaları sorular ve cevapları kısmında verdim)

Şiddet [illegible]

SORULAR VE CEVAPLARI:

1) Kirchoff şiddet ifadesini çıkarın.

Yandaki şekilde yarıkta iki nokta kaynak alalım.



$ds_A = ds_B$

Genel dalga denklemi $y_0 \sin(\omega t - \phi)$

ve $\phi = k\Delta = \frac{2\pi}{\lambda} S \sin\theta$ olur.

Buradan $dy_A = \frac{y_0}{d} ds_A \sin(2\pi f t)$

ve $dy_B = \frac{y_0}{d} ds_B \sin(2\pi f t - \phi)$ yazabilirit.

dy_0 eşitliğini alalım; bunu 0'dan d'ye integre edersek tüm y'yi verir.

$$y = \frac{y_0}{d} \int_0^d \sin 2\pi\left(ft - \frac{S\sin\theta}{\lambda}\right) ds$$ olup integrali alırsak;

$$y = \frac{y_0 \lambda}{2\pi d \sin\theta} \left[\cos 2\pi\left(ft - \frac{d\sin\theta}{\lambda}\right) - \cos(2\pi f t)\right]$$ olur.

$\cos A - \cos B = -2\sin\frac{A+B}{2} \cdot \sin\frac{A-B}{2}$ olup ✓

$$y = \frac{y_0 \lambda}{\pi d \sin\theta} \sin\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right) \cdot \sin 2\pi\left(ft - \frac{d\sin\theta}{2\lambda}\right)$$ yazabilirit

$\left(\beta = \frac{\phi}{2}\right)$ $\beta = \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}$ olmak üzere şiddet genliğin ka-

resiyle doğru orantılı olduğundan $I = I_0 \frac{\sin^2\beta}{\beta^2}$ $(I_0 = \alpha y_0^2$ ve α orantı katsayısı) olur

2- Kirchoff şiddet ifadesini kullanarak min ve max. noktaları bulun.

Eğer 1. soruda bulduğumuz ifadenin türevini ($d\beta$'ya göre) alıp sıfıra eşitlersek;

$$\frac{dI}{d\beta} = I_0 \left[\frac{\beta^2 2\sin\beta\cos\beta - 2\beta\sin^2\beta}{\beta^4}\right] = 0$$ ✓

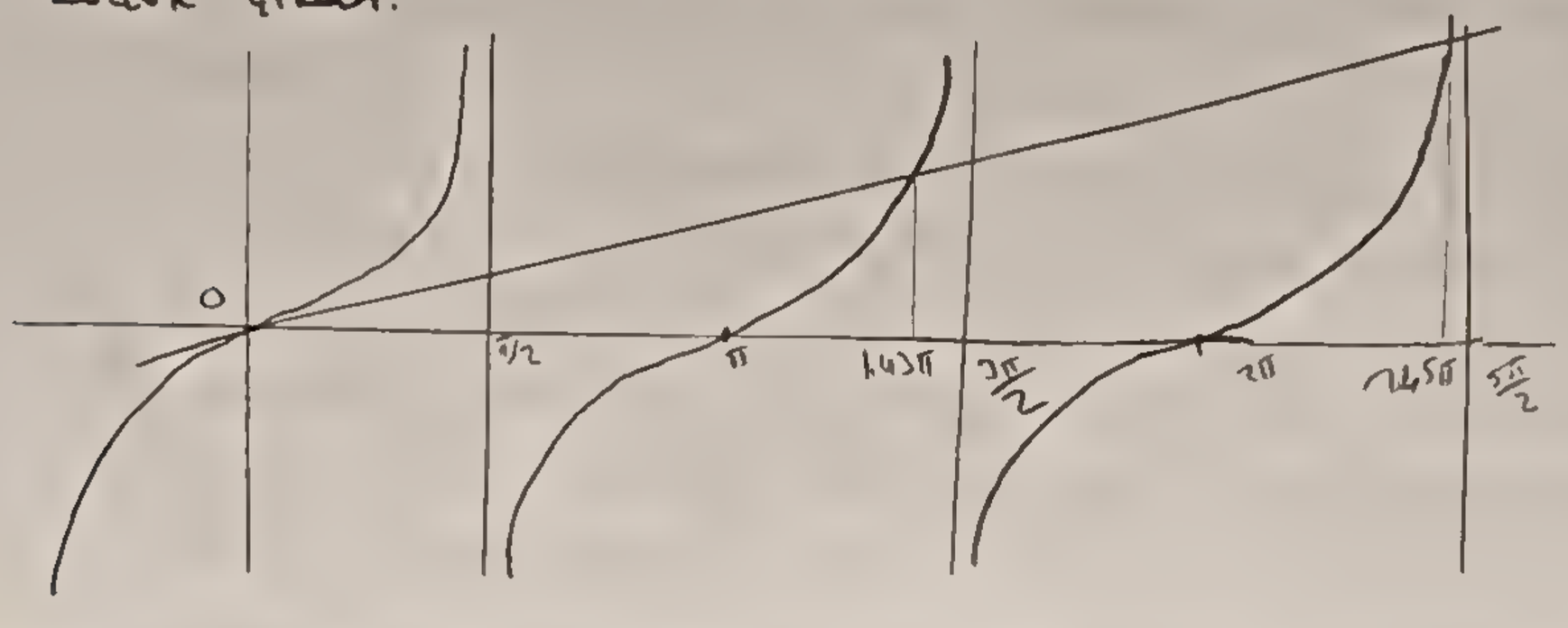
$$\frac{I_0}{\beta^3} 2\sin\beta(\beta\cos\beta - \sin\beta) = 0$$ olur.

Yada $\sin\beta(\beta\cos\beta - \sin\beta) = 0$ olur Bunun sıfır olması için 2 türlü olur.

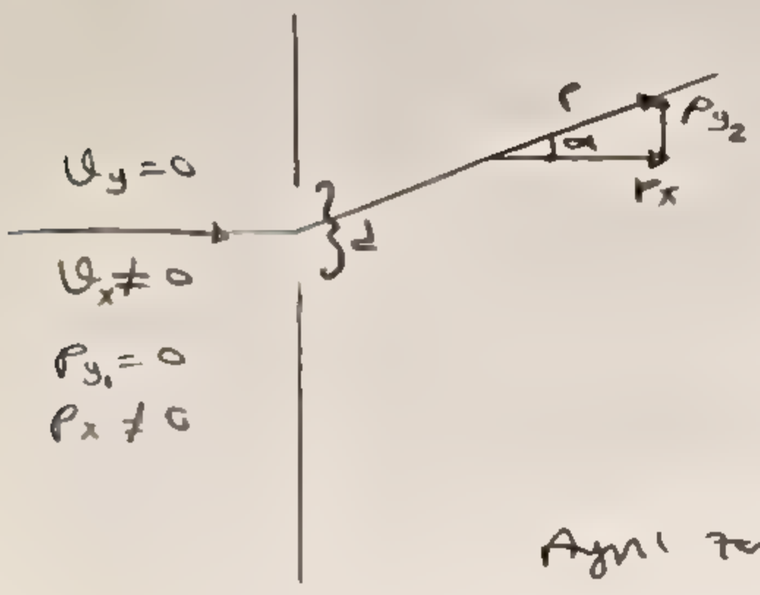
$\sin\beta = 0$ ve $\beta = n\pi \Rightarrow \frac{\pi d \sin\theta}{\lambda} = n\lambda$ $d\sin\theta = n\lambda$

olup bu minimum şartımızdır.

2. olmak $\beta\cos\beta - \sin\beta = 0 \Rightarrow \beta = \tan\beta$ olur.
Bir $y = f(\tan\beta)$ ve $y = f(\beta)$ grafiklerini çizersek kesişim noktaları bize maximumları verir. Dikkat edilirse max. değerleri beklenenden küçük çıkar.



3- Bu deney için $\Delta p_y \Delta y$ değerinin Heisenberg ilkesine uyduğunu gösteriniz.



Foton yarığa dik doğrultuda gelirken y yönünde hız bileşeni olmadığından $P_y = 0$ olur. Ancak yoldan geçerken doğrultu değiştirir ve y yönünde de bir bileşene sahip olur.

Fotonun momentum değiştirdiğinden;

$P = mc$ olup $\Delta p_y = P \sin\alpha$ olur. ($p_{y_1} = 0$ idi)

Aynı zamanda $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda}$ ve $\Delta p_y = \frac{h}{\lambda} \sin\alpha$

olur Ayrıca $\sin\alpha = \frac{\lambda}{d}$ olup $\Delta p_y = \frac{h}{\lambda}\frac{\lambda}{d} = \frac{h}{d}$ olur.

Foton yarık içinde herhangi bir yerde olabileceğinden;

$\Delta y = d$ olup

$\Delta p_y \Delta y = \frac{h}{d} d = h$ olur.

28/30 15. Ekim. 1993

DENEYİN ADI: ELEKTRONLARLA İYONLAŞMA

DENEYİN AMACI: Bir vakumdaki elektronların I-V karakteristiğini incelemek;

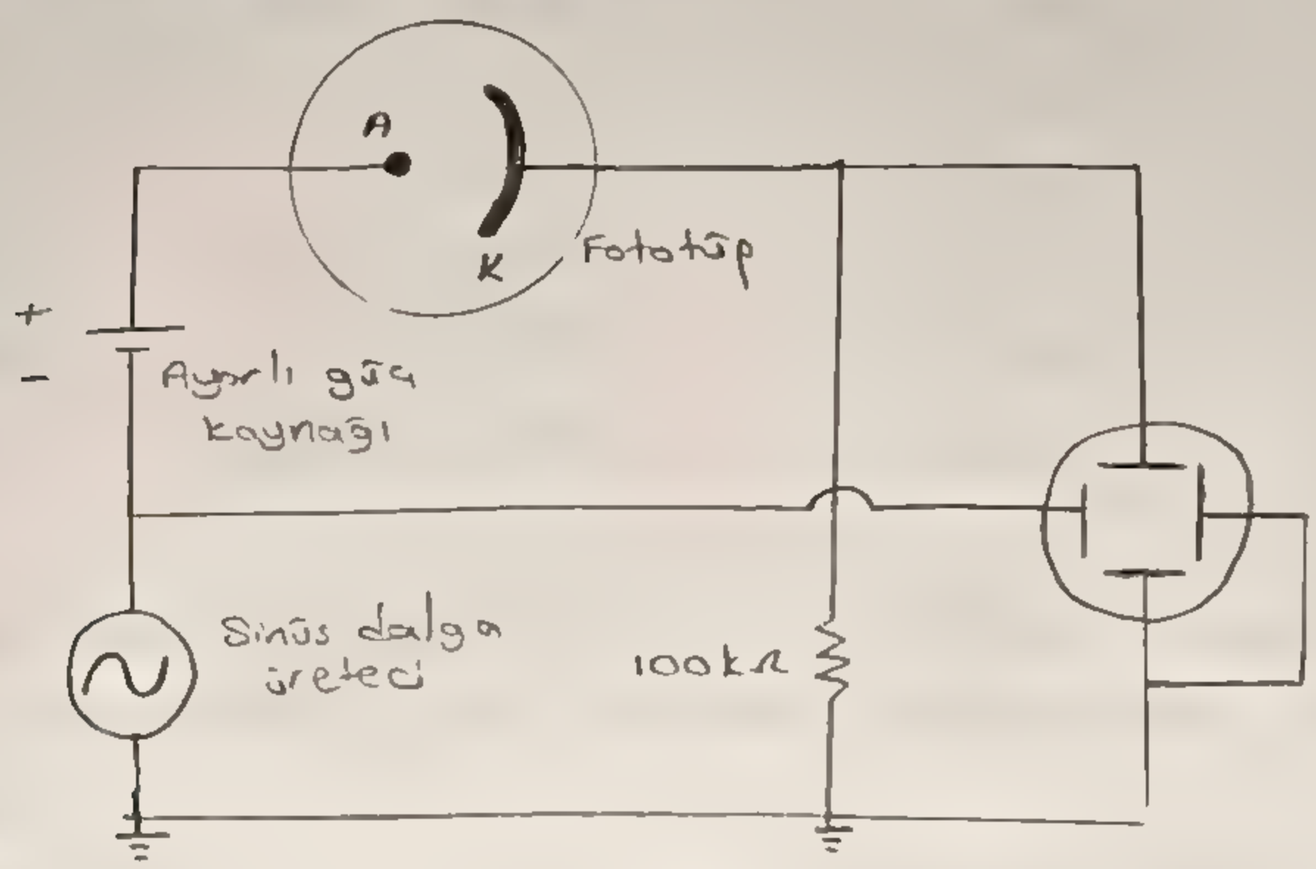
İçi asal gazla dolu bir fototüp için I-V karakteristiğini incelemek;

Bunlar arasındaki farklılığın nedenlerini araştırmak;

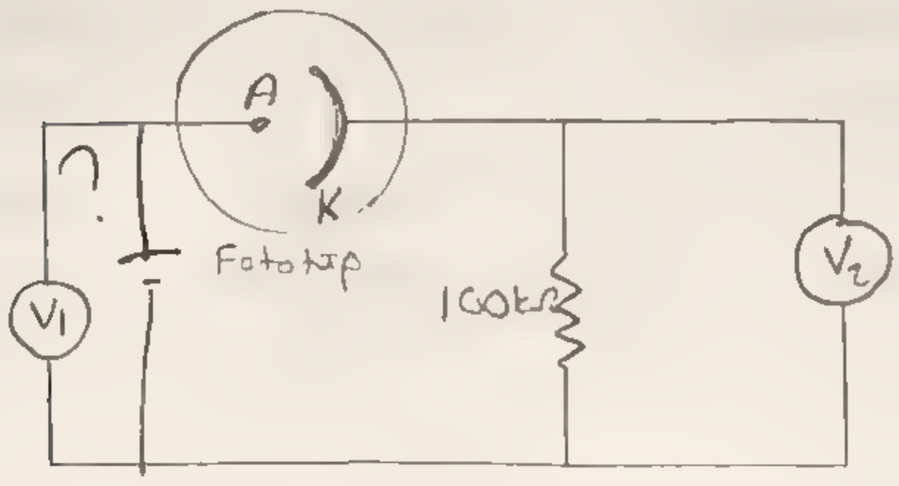
Gazın iyonlaşma enerjisini bularak cinsini tespit etmek.

ÖLÇME ÇİZELGELERİ:

İlk olarak aşağıdaki devreyi kurup hem vakum fototüp, hemde asal gaz içeren fototüp için V_1 ve V_2 gerilimlerini dijital bir voltmetre ile ölçtük (şekil 1a - 1b)



Şekil 1-a
Devre şeması
Osiloskoptan gözlem için.



Şekil 2-a
V_1 ve V_2 gerilim ölçümlerinin yapıldığı devre şeması

İlk devrede I-V alım grafiğinde elde edeceğimiz görüntünün belirli kesimlerini osiloskopta gözlemleme olanağı bulduk. Bunun nasıl oluştuğunu yorumda anlattım. kısmında anlatıldı.? Yarım dikkat diline

İkinci devrede ise önce V_1, V_2 gerilim değerlerini önce pozitif yönde beslemede, daha sonra ise geri (negatif) beslemede bulduk. Bu değerler aşağıda verilmiştir;

Boş tüp için V_2 ve V_1 değerleri, bunlardan elde edilen $V_1 - V_2$ potansiyel farkı V ile $I = \frac{V_2}{R}$ formülünden elde edilen direnç üzerinden, aynı zamanda da fototüpten geçen akım değerleri; ($R = 100\,k\Omega$ alındı):

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V = V_1 - V_2$ (Volt)	I (μA)
3.3	1.07	2.23	10.7
4	1.14	2.86	11.4
5	1.22	378	12.2
6	1.28	4.72	12.8
7	1.31	5.69	13.1
8	1.33	6.67	13.3
9	1.38	7.62	13.8
10	1.40	8.60	14.0
11	1.43	9.57	14.3
12	1.52	10.48	15.2
13	1.52	11.48	15.2
14	1.52	12.48	15.2
15	1.52	12.48	15.2

Yine boş (vakumlu) tüp için şekil 1b'deki ayarlı güç kaynağının kutuplarını değiştirerek geri besleme durumunda birkaç V_1 V_2 voltajı ölçtük:

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V = V_1 - V_2$ (Volt)	I (μA)
−3.70	0.01	−3.71	0.10 μA
−4.00	0.01	−4.01	0.10
−4.50	0.01	−4.51	0.10
−5.00	0.01	−5.01	0.10

Bu defa devredeki tüpü içi aşırı gazla dolu fototüple değiştirdik. Bu foto tüp için geri besleme değerleri;

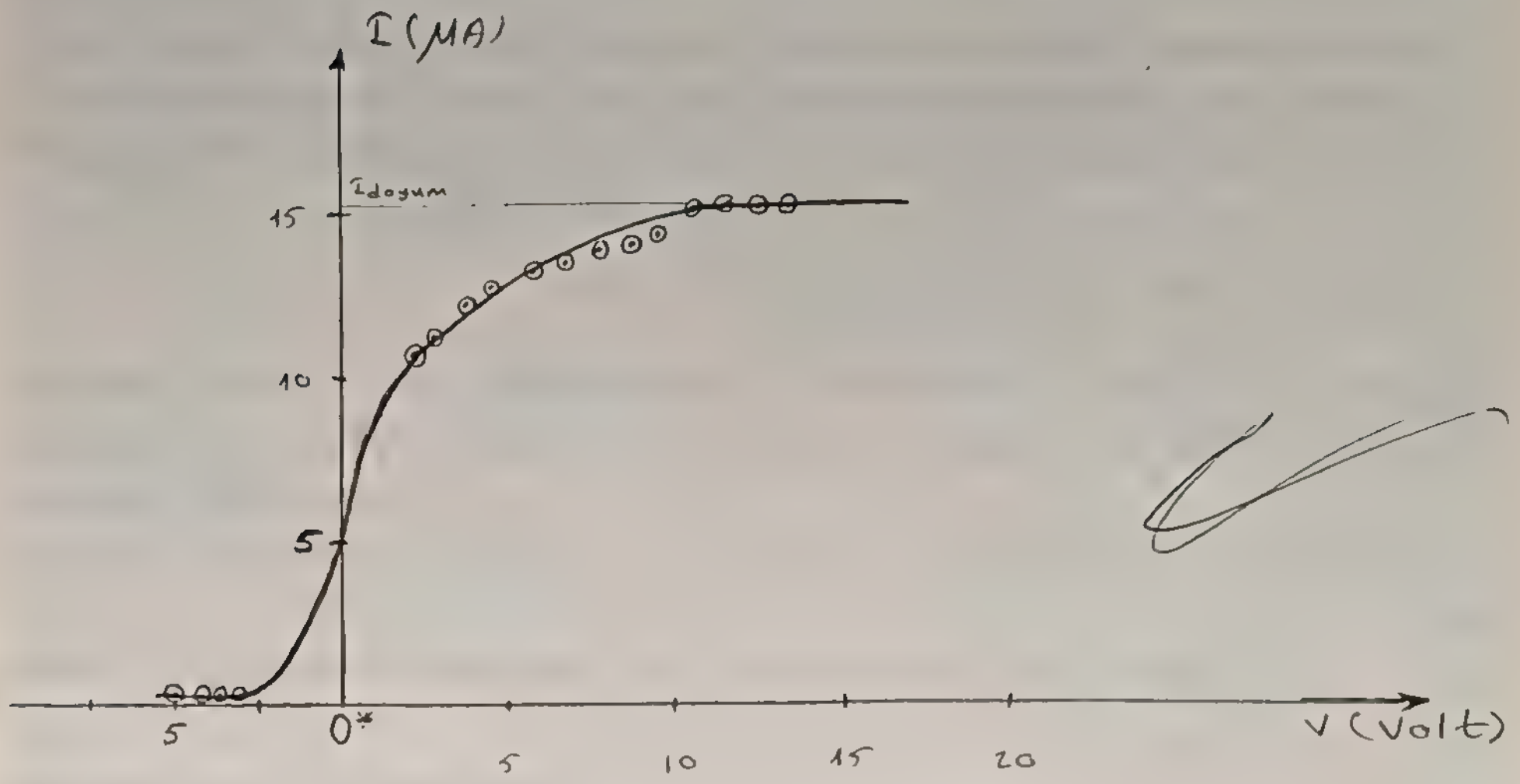
V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V = V_1 - V_2$ (Volt)	I (μA)
−4	0.005	−4.005	0.05
−5	0.005	−5.005	0.05
−6	0.005	−6.005	0.05
−7	0.005	−7.005	0.05

Dolu tüp için bu defadan ileri yönde beslemede V_1 ve V_2 değerlerini hesapladık;

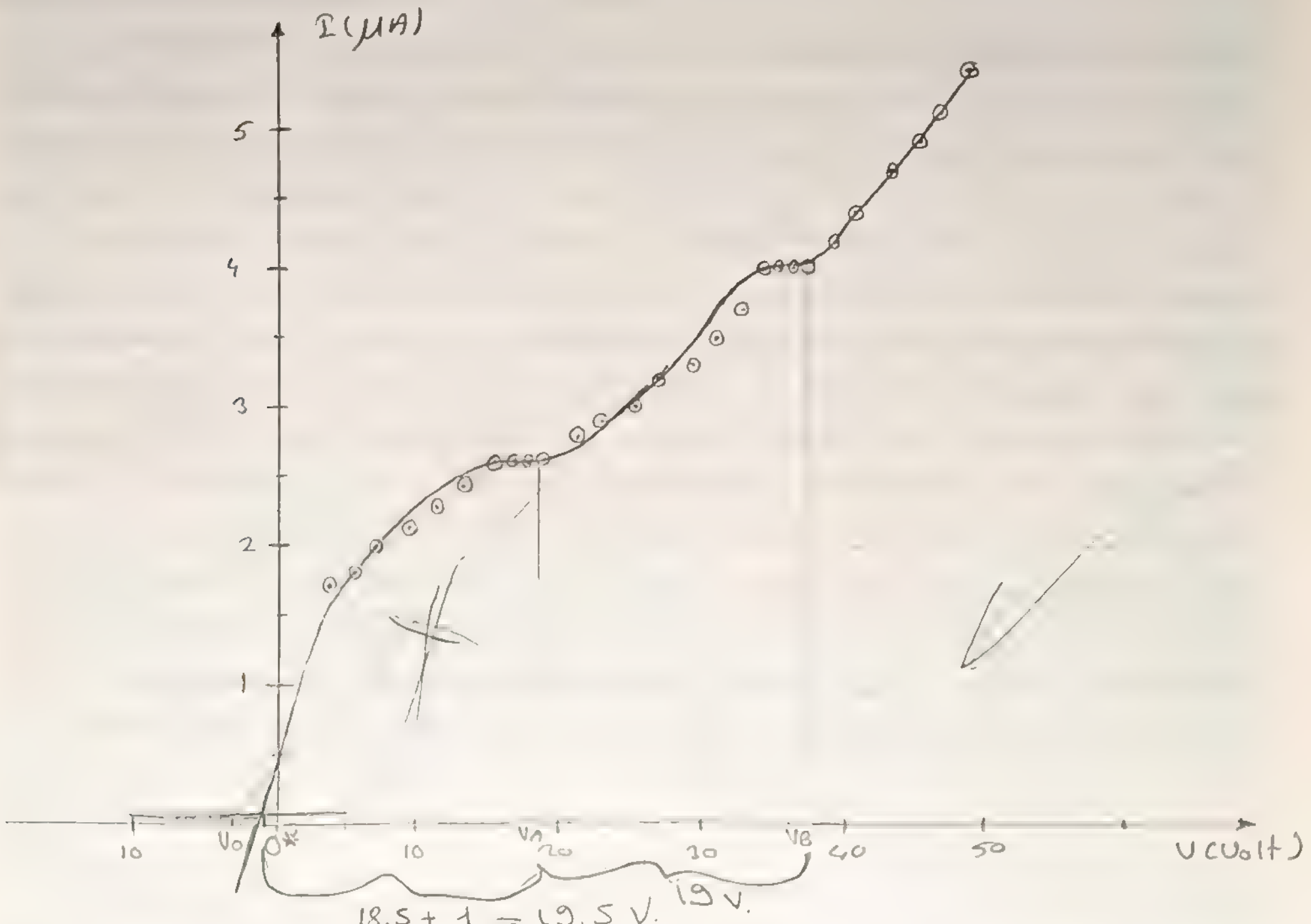
V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$U = (V_1 - V_2)$ (Volt)	I (mA)
4	0.17	3.83	1.7
6	0.18	5.82	1.8
8	0.20	7.8	2.0
10	0.21	9.79	2.1
12	0.22	11.78	2.2
14	0.24	13.76	2.4
16	0.26	15.74	2.6
18	0.26	16.74	2.6
18	0.26	17.74	2.6
20	0.26	18.74	2.6
22	0.28	21.72	1.8
24	0.29	23.71	2.9
26	0.30	25.7	3.0
28	0.32	27.68	3.2
30	0.33	29.67	3.3
32	0.35	31.65	3.5
34	0.37	33.66	3.7
35	0.40	34.6	4.0
36	0.40	35.6	4.0
37	0.40	36.6	4.0
38	0.40	37.6	4.0
40	0.42	39.58	4.2
42	0.44	41.56	4.4
44	0.47	43.53	4.7
46	0.49	45.51	4.9
48	0.51	47.49	5.1
50	0.54	49.46	5.4

GRAFIKLER: Yukarıdaki verilerden faydalanarak her iki tüp içinde I-U grafiklerini çizdik. Her ne kadar eksi (geri) beslemede Akım ve gerilim (+) görülseda bunlar grafiğin (-) tarafından yer alırlar. Tablodaki bu durum bunların V_1'e göre daha pozitif olmalarından kaynaklanır (geri besleme tabloları)

BOŞ TÜP İÇİN I-V karakteristik eğrisi



ASAL GAZ DOLU TÜP İÇİN I-V karakteristik eğrisi



* Her iki grafikte U=0 ve civarı eğrinin alacağı biçim tahmin

HESAPLAMALAR:

İlk olarak boş tüp için doymuş akım değerinden faydalanarak anoda saniyede ulaşan e^- sayısını hesaplayalım. Grafikten $I_{doyum} = 15.2\,\mu A$ bulunur. n anoda ulaşan e^- sayısı olmak üzere;

$$I_{doyum} = n e^-$$

$$n = \frac{15.2 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 9.5 \times 10^{13}$$ elektron anoda ulaşır. Fotokatodun foto etkinliği %0.1 olarak verilmiş. Bu durumda duyarlı yüzeye saniyede gelen foton sayısı; n_f foton sayısı olmak üzere;

$$n_f \cdot \frac{0.1}{100} = 9.5 \times 10^{13}$$ den $n_f = 9.5 \times 10^{16}$ adettir.

Asal gaz içeren fototüpün I–U karakteristik eğrisinden ise asal gazın iyonlaşma enerjisini bulabiliriz. Bunun için 2 yol (ya da yöntem) kullanabiliriz.

Bunlardan ilki akım artışlarının başladığı iki eşikte benzer noktalar almak ve bunların farkını almaktır. Grafikten bu noktalar için bulduğum iki değer;

$V_B = 37.5\,V$ ve $V_A = 18.5\,V$ olup $E_{iyonlaşma} = 19\,eV\ (= V_B - V_A)$ olur. Deneysel hata sınırlarını göz önüne alırsak kullanılan gazın Neon (Ne) olması gerektiği bulunabilir. Bu gazın iyonlaşma enerjisi 21.47 eV'tur.

İyonlaşma enerjisini bulmanın diğer bir yolu ise ilk eşik enerjisinden faydalanmaktır. Ancak bu halde iyonlaşma enerjisini bulmak için yüzey iş fonksiyonu değerini bulunan değerden çıkarmalıyız. Çünkü e^-'lar $V=0$ iken belirli bir kinetik enerjiye sahiptirler ki bu sıfırdan farklıdır. Bunun için eğriyi akım artışının başladığı yere geriye uzatmak (extrapole etmek) gerekir.

Bu yöntemi kullanarak bulduğumuz iyonlaşma enerjisi ise;

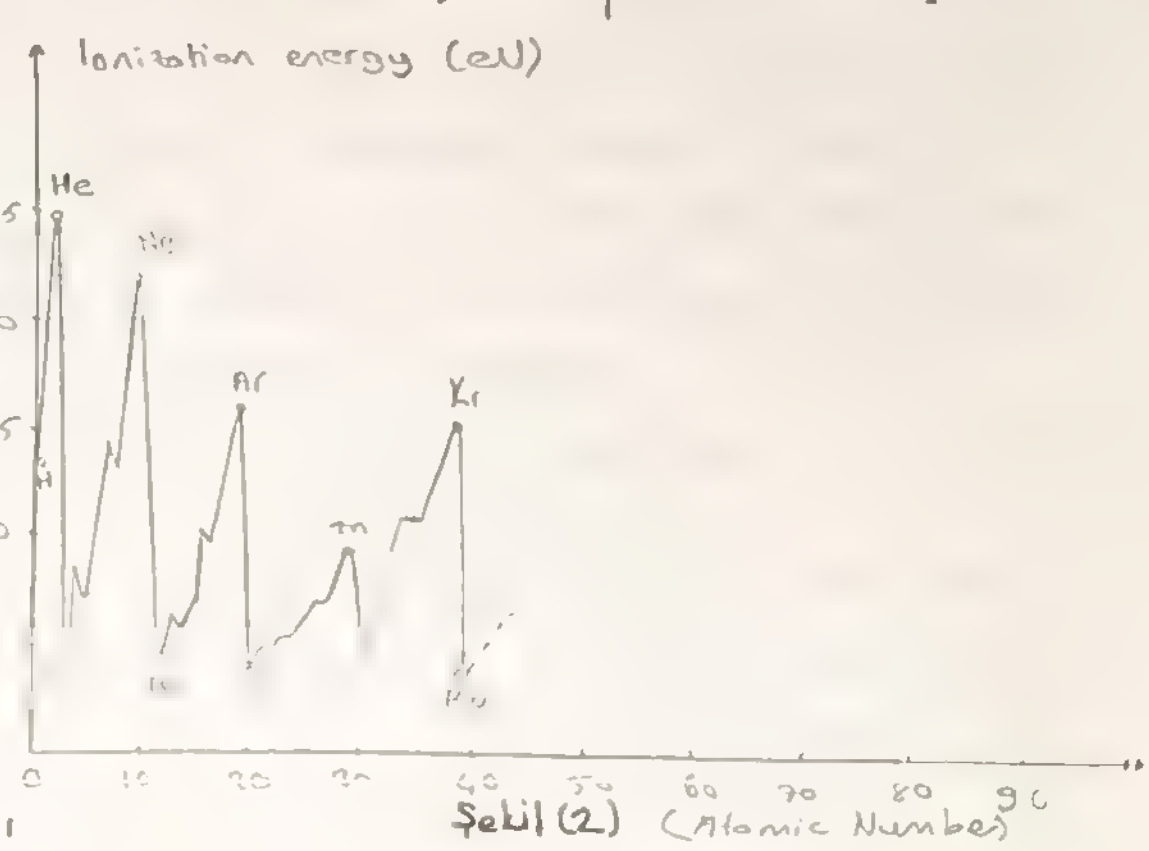
$E_i = V_0 + V_A = \not{3}\ 1 + 18.5 = 21.5\,eV$ olur. Bu iki yolla bulduğumuz iyonlaşma enerjilerinin ortalaması $\overline{E_i} = 20.25\,eV$'u verir. Bu bizim gazımızın Ne olduğunu bir kez daha göstermektedir.

Yukarıdaki son formüldeki V_0 ışığı düşürdüğümüz metalin iş fonksiyonudur.

YORUM: Bu deneyde vakumlanmış bir fototüp ile içinde asal gaz olan bir fototüpün I-V karakteristik eğrilerini inceleyerek bunlardan çeşitli bilgiler elde ettik. Öncelikle bu eğrilerin çeşitli kısımlarını osiloskopla gözledik. Bu gözlem sırasında osiloskobun yatay düzlemi V değerini düşey düzlemi ise I değerini gösteriyordu. Osiloskobun genliği ile oynayarak bu grafik üzerinde dilediğimiz yerleri gözledik. Ayrıca güç kaynağının voltajını değiştirdiğimizde V=0 voltaj uygulamamıza göre elde edilen görüntü yükseldi. Bunun nedeni fototüpten geçen akımın artması yani e^- sayısının artmasıydı.

Şekil 1b'deki devrede ise vakumlu tüp için şu bilgileri elde ettik. Biz herhangi bir şekilde voltaj uygulamadığımızda bile katottan anoda ulaşan e^-'lar vardı. Bunun nedeni fotonlar tarafından enerji elde edip katottan ayrılan elektronlar $K_{max} = h\nu - h\nu_0$ kinetik enerjisi ile hareket etmeleri ve bunların bir kısmının anod doğrultusunda hareket etmeleridir. V değerini arttırmaya başlamamızla beraber oluşan Elektrik Alan $\vec{E}$ etkisinde üzerlerine $\vec{F}$ kuvveti etki eden e^-'lar yörüngelerini anod yönünde bükerler. Ancak halen anoda ulaşmayan e^-lar vardır ve bunlar daha çok katodun uç kısımlarından fırlayan e^-lardır. Ancak V yeterince büyüklüğe ulaşırsa (bizim deneyimiz için grafikten bu değer yaklaşık olarak 11 V olarak görülüyor) artık tüm e^-'lar anoda ulaşmaktadır ve ışık şiddeti sabit olduğundan saniyede katottan ayrılan e^-'ların sayısının ortalaması sabit olacağından akım bir doyuma ulaşır. Bu bizim deneyimizde grafikten 15.5 μA olarak görülür.

İkinci olarak işaretsel gazla dolu bir fototüp kullanmıştık. Şekil 2'den gaz olarak neden bir asal gaz alındığı görülebilir. Asal gazların iyonlaşma enerjileri diğer elementlerden daha büyük olduğundan deney sırasında herhangi bir dış etkiden dolayı (sıcaklık vb.) iyonlaşması önlenip ya da en aza indirilip iyonlaşmanın sadece e^-'lardan yapılması düşüncesiyle böyle bir seçim yapılmıştır.



Şekil (2)

Bu kısımda elde edilen grafikte V=0 Volt gerilimde ölçülen akım boş tüpte ölçülenden çok daha az çıkmıştır. Bunun nedeni e⁻'ların bu gaz atomlarıyla çarpışıp yönlerini, enerjilerini yitirmeleri nedeniyle anoda daha azının ulaşmasıdır.

Ayrıca bu I-V grafiği bize gazın iyonlaşma enerjisi hakkında da bilgi vererek gazın cinsini tespitte faydalı olmuştur. Dikkat edilirse grafiğin 2 yerinde yeniden akım artışları gözlenmiştir. Bunların ilkinde e⁻'ların enerjisi gazın iyonlaşma enerjisini aşarak ikincil e⁻'lar koparmış ve bu nedenle ikinci bir akım artışı yaşanmıştır. Aynı şekilde V₂ geriliminden sonra e⁻'ların kinetik enerjisi daha da artmış ve artık her e⁻ iki ayrı gaz atomundan e⁻ koparak akım artışını yeniden gerçekleştirmişlerdir.

Deneye dahil olmamakla birlikte ışık kaynağını tüpe yaklaştırıp uzaklaştırdığımızda akımda artış ve azalışlar gözledik. Bu ışığın şiddetinin (katoda ulaşan) e⁻ sayısını doğru orantılı olarak etkilediğini gösterdi.

Deneysel olarak gözlenmekle beraber uygulanan gerilimin çok artması durumunda tam iyonlaşma gerçekleşir ve bu kararsız yapılar kararlı hale geçmek için e⁻ alırlar bu sırada bu enerjiyi fotonlar yayarlar. Böylece kendi ışınımını yaratmış olur.

SORULAR VE CEVAPLARI:

1) FOTOELEKTRİK olayının incelenmesinde (AF-2 deneyi) fotokatoda gelen ışınımın dalga boyunun önemi vardı. Şimdiki deneyde bu, neden daha az önemlidir?

AF-2 deneyinde bilinen dalgaboyunda bir ışığı metal yüzeyine düşürerek fotoelektrik olayı gözlemek ve h sabitini bulmaktı. O deneyde beyaz ışık kullansaydık yine fotoelektrik olayı gözlerdik ancak bu ışık bir çok dalga boyu içerdiğinden h sabitini hesaplayamazdık. Çünkü her dalga boylu ışığın vereceği enerji miktarı farklı olacaktır. Ama bu deneyde amaç e⁻ sökmek olduğundan yeterli şiddette bir ışık seçmek yeterli olacaktır.

2) Atomun ilk fırlamasının gözlendiği potansiyel neden sadece gazın iyonlaşma enerjisine (potansiyeline) eşit değildir?

Çünkü fotokatoddan çıkan e⁻'ların ilk enerjileri sıfır değildir. Eğer başlangıçta bir enerjiye sahip olsalardı o halde bunu gazın iyonlaşma enerjisi olarak alabilirdik, oysa gerçekte $E_i = \phi + V_A$ olur. Burada ϕ yüzey iş fonksiyonudur.

3) Fototüpün gaz basıncı, bir e^-'un ortalama serbest yolu anod-katot uzaklığından çok küçük kalacak şekilde arttırılmış olsun. Bunun akım gerilim eğrisine ne gibi bir etkisi vardır?

Katottan sökülen e^-'lar bu atomlarla çarpışmadan ya da daha uzun sürede anoda ulaşırlar ya da yönleri değişeceğinden ulaşamazlar. Bu nedenle 2. grafikte görülen akım değerlerine ulaşmak artık daha yüksek gerilim değerlerinde mümkün olur.

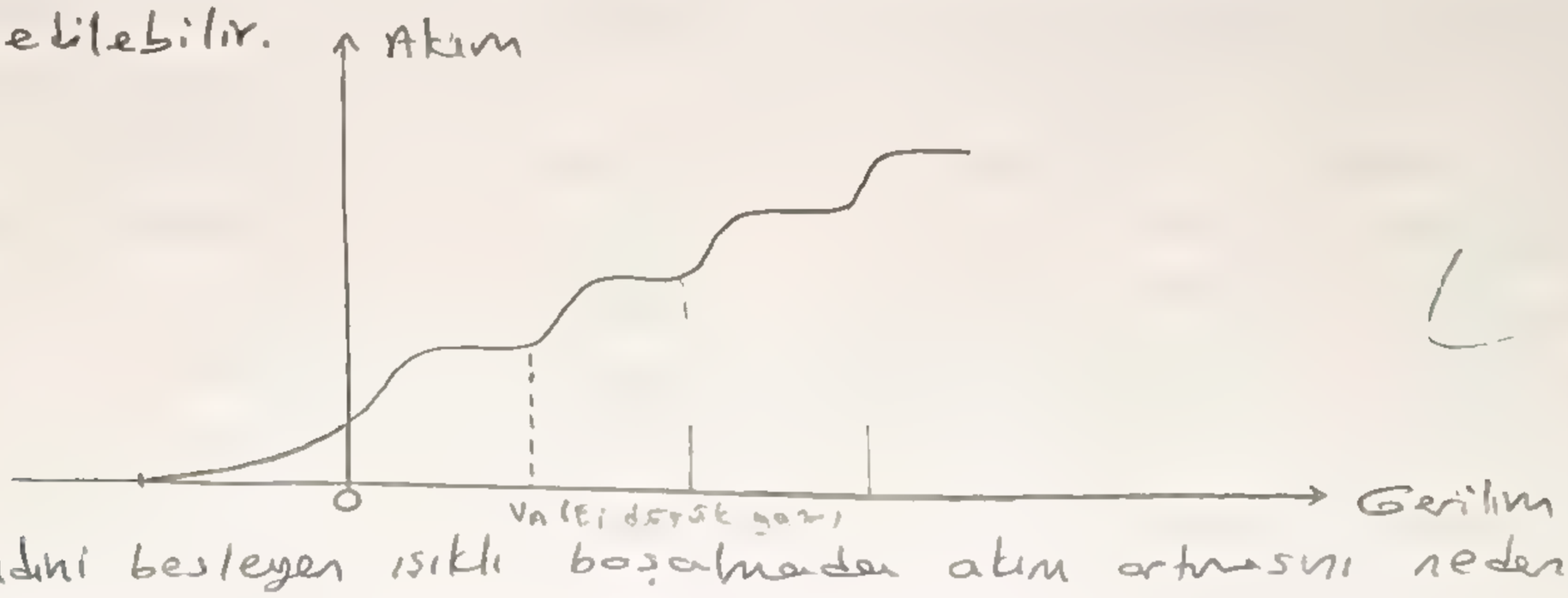
4) Kendini besleyen ışıklı bir boşalmada ilk iyonlaşmayı yaratan enerji kaynağı nedir?

Gaz iyonlaşmasını katottan koparak anoda ilerleyen e^-'lerin çarpışmalar sonucunda gaza aktardıkları enerji yapar.

5) Gaz dolu bir fototüpe, iyonlaşma potansiyelleri farklı 2 gaz karışımı bulunduğunu varsayalım. Bu karışım I-V gerilim eğrisini ne şekilde etkiler?

Öncelikle iyonlaşma enerjisi küçük gazda iyonlaşma gözlenir. Eğer e^- hala ikinci gazı iyonlaştıracak enerjiye sahip ve bu halde gazla çarpışırsa ikinci gazı iyonlaştırır. Değilse bu durumda voltajı arttırarak e^-'lerin kinetik enerjileri arttırılır ve bu gazları iyonlaştıracak enerjiye sahip olur.

Ancak bu oldukça karışıktır. Çünkü e^- yolu boyunca yalnızca küçük iyonlaşma enerjili gazlarla çarpışabileceği gibi, büyük olanla ya da her ikisiyle beraber çarpışabilir ve enerjisi de yetkili yada yetersiz olabilir. Ancak (şekil 3) deki gibi bir I-V eğrisi elde edilebilir.



6) Kendini besleyen ışıklı boşalmada akım artmasını neden sonsuz bir değere ulaşıncaya değin sürdürmez?

Işıklı boşalma sırasında iyonlar e^- alarak ışıma yaparlar. Bu ondan sonra bunların yeniden iyonlaşması için e^-'larla çarpışarak iyonlaşma enerjilerini kaybetmeleri gerekir. Yani başa dönerler. Bu nedenle akım sonsuz değere ulaşana değin sürmez.

KAYNAKÇA: Concepts of Modern Physics, Arthur Beiser, Mc Graw Hill
Introduction to the Structure of Matter, John Brehm & William Mullin, John Wiley & Sons

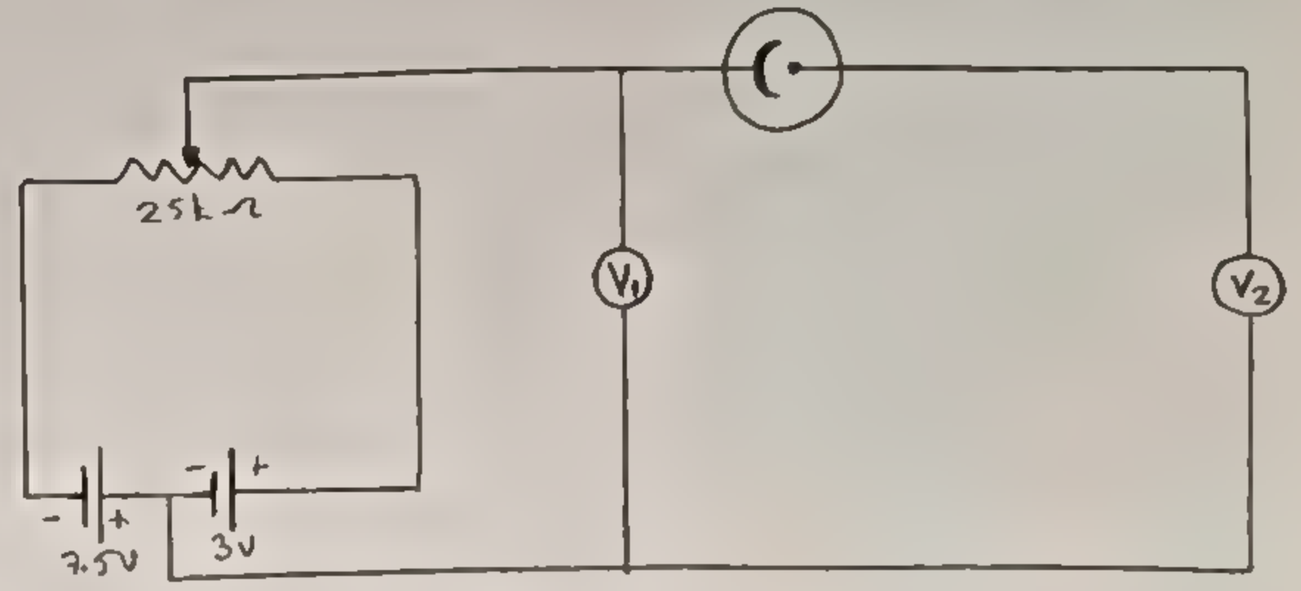
DENEYİN ADI: FOTOELEKTRİK OLAY

DENEYİN AMACI: Fotoelektrik olayı gözlemlemek;

Fotoelektrik olayının sonuçlarından yararlanarak planck sabiti h'yi hesaplamak;

Fotoelektrik olayda ışık şiddeti ve frekansının etkilerini incelemek.

ÖLÇME ÇİZELGELERİ:



Yandaki devreyi kurduk. Fotokatoda önce $\lambda = 436\,nm$ sonra $\lambda = 546\,nm$ dalga boylu ışıkla aydınlattık. Bu sırada V_1 gerilimini 0.4 V aralıklarla 3.2 V'a kadar ve −3.0V'a kadar −0.3 V aralıklarla arttırdık ve her iki dalga boyundaki ışık için V_2 gerilimini ölçtük. Bu gerilimi ölçmek için kullandığımız gerilim ölçerin iç direnci 11 MΩ olarak verilmişti. Bu halde akımı ohm yasasından hesaplayabiliriz Uygulama gerilimimiz ise $V_1 - V_2$ farkına eşit olacaktır. Bu değerleri bulduk. Bunlar aşağıdaki tablolarda yer almaktadır.

Tablo 1: $\lambda = 436\,nm$ dalga boylu mavi ışıkla aydınlatılan foto katod ile alınan veriler.

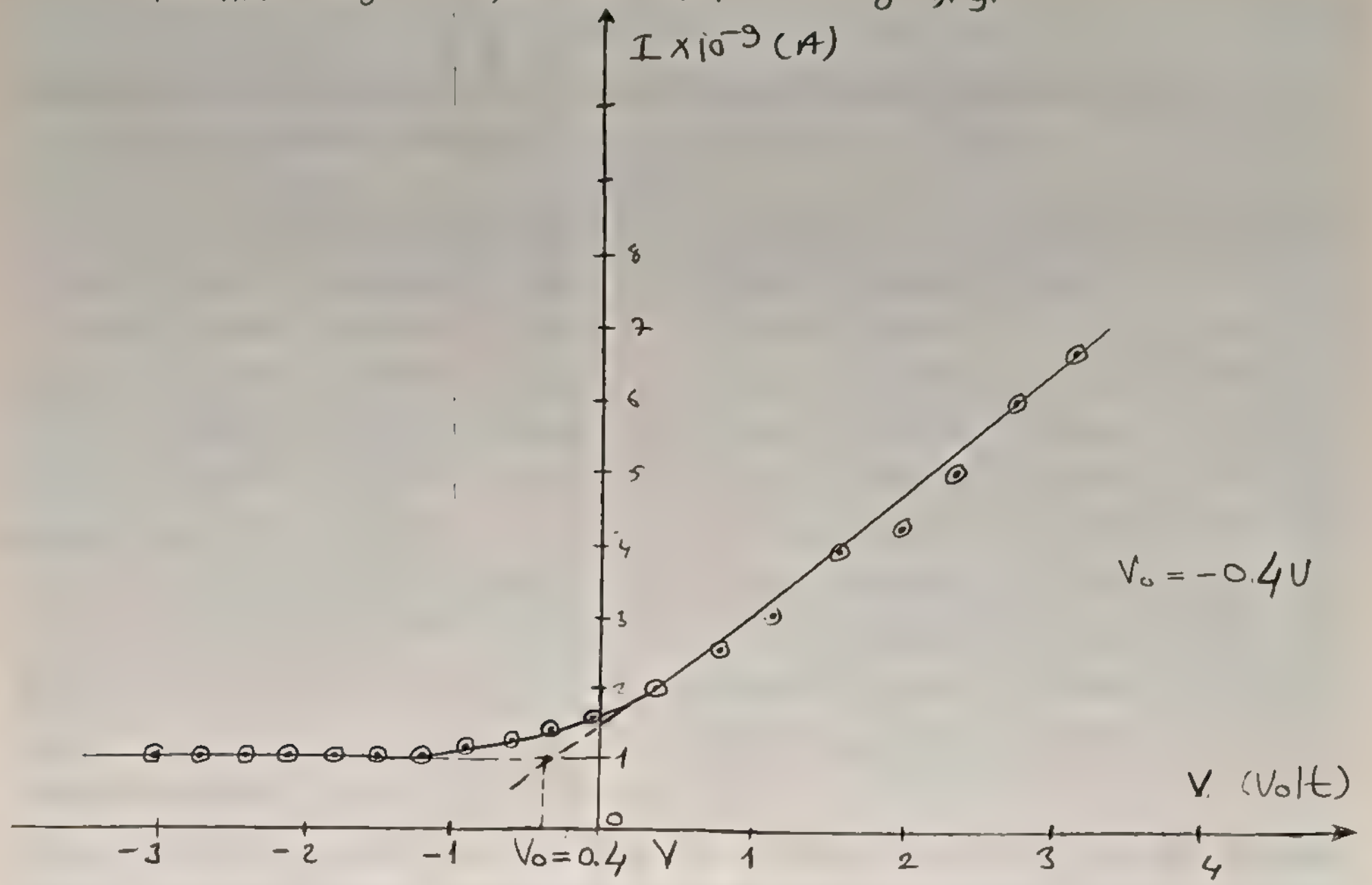
a) İleri Besleme

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V (= V_1 - V_2)$	$I \times 10^{-9}$ (A)
0	0.018	−0.018	1.64
0.4	0.022	0.378	2.00
0.8	0.028	0.772	2.55
1.2	0.034	1.166	3.09
1.6	0.043	1.557	3.91
2.0	0.047	1.953	4.27
2.4	0.054	2.346	4.91
2.8	0.066	2.734	6.00
3.2	0.073	3.127	6.64

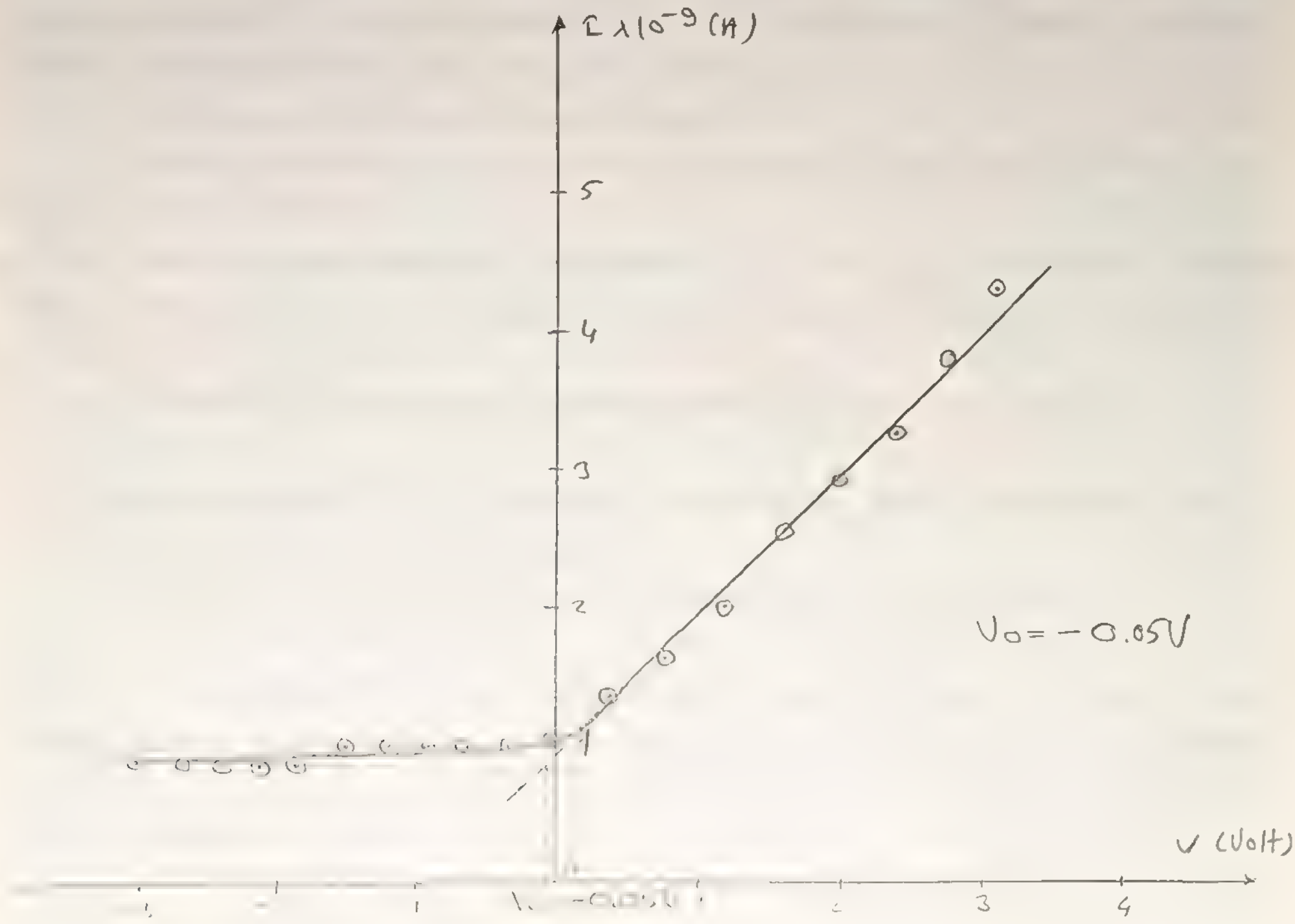
b) Ters Besleme

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V (= V_1 - V_2)$	$I \times 10^{-9}$ (A)
−0.3	0.016	−0.316	1.45
−0.6	0.014	−0.614	1.27
−0.9	0.013	−0.913	1.18
−1.2	0.012	−1.212	1.09
−1.5	0.011	−1.511	1.00
−1.8	0.011	−1.811	1.00
−2.1	0.011	−2.111	1.00
−2.4	0.011	−2.411	1.00
−2.7	0.011	−2.711	1.00
−3.0	0.011	−3.011	1.00

$\lambda = 436\,nm$ dalga boylu ışık için $I-V$ grafiği



$\lambda = 546\,nm$ dalga boylu ışık için $I-V$ grafiği



Tablo 2: $\lambda = 546$ nm dalga boylu yeşil ışıkla aydınlatılan fotokatod ile alınan veriler.

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V(=V_1-V_2)$	$I \times 10^{-9}$ (A)
0	0.012	-0.012	1.09
0.4	0.015	0.385	1.36
0.8	0.018	0.782	1.64
1.2	0.022	1.178	2.00
1.6	0.028	1.572	2.55
2.0	0.032	1.968	2.91
2.4	0.036	2.364	3.27
2.8	0.042	2.758	3.82
3.2	0.048	3.152	4.36

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V(=V_1-V_2)$	$I \times 10^{-9}$ (A)
-0.3	0.011	-0.311	1.00
-0.6	0.010	-0.610	1.00
-0.9	0.010	-0.910	1.00
-1.2	0.010	-1.210	1.00
-1.5	0.010	-1.510	1.00
-1.8	0.003	-1.809	0.82
-2.1	0.009	-2.109	0.82
-2.4	0.009	-2.409	0.82
-2.8	0.009	-2.709	0.82
-3.0	0.009	-3.009	0.82

HESAPLAMALAR:

Yukarıdaki değerleri kullanarak I-V grafiklerini çizdik. Bu grafiklerden V_o noktalarını extrapole yaparak bulduk. $\lambda = 436$ nm. dalga boylu mavi ışık için $V_o = -0.4$ V ve $\lambda = 546$ nm dalga boylu yeşil ışık için $V_o = 0.05$ V olarak bulduk. Her iki ışık için ν frekans, W metalin yüzey iş fonksiyonu olacak şekilde;

$eV_{o(mavi)} = h\nu_{(mavi)} - W$ ve

$eV_{o(yesil)} = h\nu_{(yesil)} - W$ yazabiliriz. 2. denklemi 1.'den taraf tarafa çıkarırsak:

$e[V_{o\,mavi} - V_{o\,(yesil)}] = hc\left[\frac{1}{\lambda_{mavi}} - \frac{1}{\lambda_{yesil}}\right]$ bulurur. Burada $\nu = \frac{c}{\lambda}$ değerlerini yerine koyduk. Şimdi değerleri yerlerine koyarsak;

$$1.6\times10^{-19}[0.4 - 0.05] = h \times 3\times10^{8}\left[\frac{1}{436\times10^{-9}} - \frac{1}{546\times10^{-9}}\right]$$

$h = 4.04\times10^{-34}$ J.s olarak bulunur. Bağıl hatamız ise

$$\frac{|16.62\times10^{-34} - 4.04\times10^{-34}|}{6.62\times10^{-34}} = 0.39 = \%39 \text{ olur.}$$

Ayrıca yukarıdaki 2 ayrı formülden (Max e^- enerjisini foton enerjisi ile yüzey iş fonksiyonunun farkından veren formüller) W değerlerini bulup ortalamasını alırsak bize bu alaşımın yüzey iş fonksiyonunu verir.

$\lambda = 436$ nm dalga boylu mavi ışık için: ($h = h_{deneysel}$ kullanıldı)

$W_m = h\nu - eV_0 = 4.04 \times 10^{-34} \frac{3\times10^8}{436\times10^{-9}} - 1.6\times10^{-19} \times 0.4 = 2.14\times10^{-19}$ J

$= 1.34$ eV

$\lambda = 546$ nm dalga boylu yeşil ışık için:

$W_y = h\nu - eV_0 = 4.04 \times 10^{-34} \frac{3\times10^8}{546\times10^{-9}} - 1.6\times10^{-19} \times 0.05 = 2.14\times10^{-19}$ J

$= 1.34$ eV

$W_{ort} = 1.34$ eV bulunur.

W_{ort} değerini kullanarak bu fotokatodun oluşturan maddeden elektron sökecek eşik frekans değerini bulmamızda mantıklıdır:

$h\nu_{esik} = W_{ort}$ 'dan $\nu_{esik} = \frac{2.14\times10^{-19}\ J}{4.04\times10^{-34}\ J.s} = 5.30\times10^{14}$ Hz.

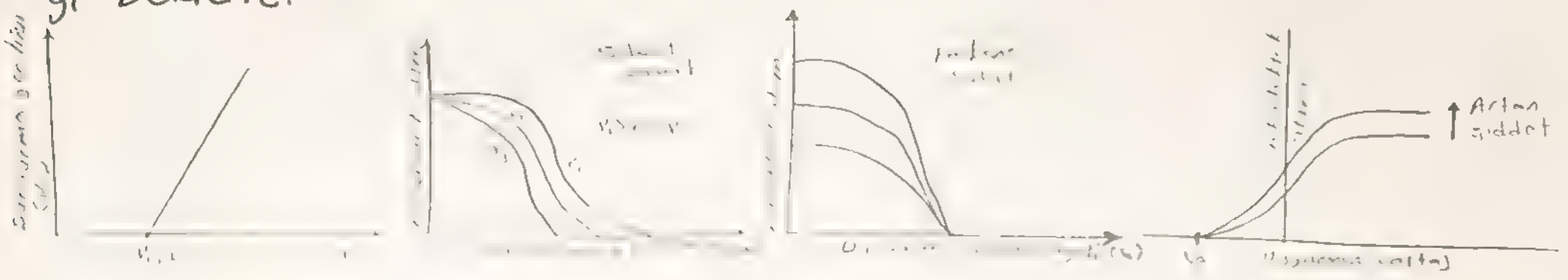
Yani bu metalden elektron sökebilecek min. frekans 5.30×10^{14} Hz imiş. Diğer bir deyişle $\lambda_{max} = 566.36$ nm 'den daha yüksek dalga boylu ışık gönderseydik fotoelektrik olayı gözlemleyemezdik.

Ayrıca mavi ışıkta bir e^-'un kazanabileceği max enerji 0.4 eV ve yeşil ışıkta ise 0.05 eV olarak verilerden elde ederiz.

YORUM!

Bu deneyde klasik fiziğin açıklayamadığı fotoelektrik olayı ışığın tanecik özelliğini kullanarak inceledik ve bu olayın nelere bağlı olduğunu tartıştık. Bunlar sırasıyla 1- Belirli bir madde için bu maddeden e^- sökebilecek ışığın frekansının eşik frekansı dediğimiz minimum frekansa eşit ya da fazla olması (ya da dalga boyunun max bir dalga boyuna eşit ya da küçük olması) gerekmektedir. 2- Salınan e^-'ların enerjileri gelen ışığın frekansına bağlıdır. Işığın şiddetinin artması salınan e^-'ların ortalama enerjilerini değiştirmez. 3- Işığın şiddeti birim zamanda yüzeye düşen foton sayısı ile ilişkili olduğundan bunun artması birim zamanda salınan e^- sayısını arttıracaktır.

Bu özellikler ile biz herhangi bir deneyde şu grafikleri elde etmeyi bekleriz.



Biz bu deneyde fotoelektrik olay yardımı ile h planck sabitini belirledik. Eğer ondalıklarımızdan hesaplamalarımızda kullanmış olsaydık daha iyi

bir değeri plank sabiti demek bulabilirdik (Anod akımı katottan buharlaşan ve orada kalan maddeden salınan e^-'lerin oluşturduğu bir akımdır)

Deneyin yorumlanmasından ise bir elektromanyetik dalganın nasıl oluyorda bir ortama gereksinim duymadan ilerleyebildiği üzerinde tartıştık. Bunun nedeni dalganın enerjisinin sırasıyla elektrik ve manyetik alanda depolanması ve sürekli birinden diğerine dönüşümüydü. Bu nedenle eğer elektrik alanımız $E = E_0(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$ ile veriliyorsa manyetik alanın matematiksel biçimi $B = B_0(\vec{k}\vec{r} - \omega t + \phi)$ şeklinde faz farkı ile verilmelidir. Ayrıca dalga özelliği ve parçacık özelliği arasında şöyle bir ilişki kurduk. Birim bir fotonu bulma olasılığının max. olduğu yer elektrik alan vektörünün değerinin max olduğu yerdir.

SORULAR VE CEVAPLARI:

1- İş fonksiyonu 2.0 eV olan bir foto katod için, fotoelektrik salmanın gözlendiği en uzun dalga boyu nedir?

Bu halde fotonlarımızın enerjisi iş fonksiyonuna eşit olmalıdır. Yani

$2.0\,eV = h\nu_{min} = h\frac{c}{\lambda_{max}}$ Buradan λ_{max}'ı çekersek $\lambda_{max} = \frac{hc}{2.0\,eV}$

olur. Hesaplarsak $\lambda_{max} = \frac{6.62\times10^{-34}\ 3\times10^{8}}{2.0\,eV \times 1.6\times10^{-19}} = 620{,}625$ nm. olmalıdır.

Bu dalga boyundan daha büyük değerlerde salınma olmaz.

2- Anod katoda göre pozitif olduğu zaman, akım neden birden doyma değerine ulaşmaz? Anoda erişemeyen elektronlara ne olur?

Çünkü e^-'lar katottan her doğrultuda yayılırlar. Dolayısıyla anod (+) olduğunda dahi farklı yönde yayılan e^-'lar olacaktır. Ancak anod gerilimi max. enerjili e^-'u da doğrultusu anoda olacak şekilde değiştirdiğinde doyuma ulaşılır.

Anoda ulaşmayan e^-'lar ya tüp içerisinde duvarlara (tüpün camı) çarpıp enerjilerini kaybedecek ve burada yeniden bir atomla birleşecekler ya da yeterli gerilim uygulanırsa yukarıdaki gibi anoda gideceklerdir.

22.10.1997

20

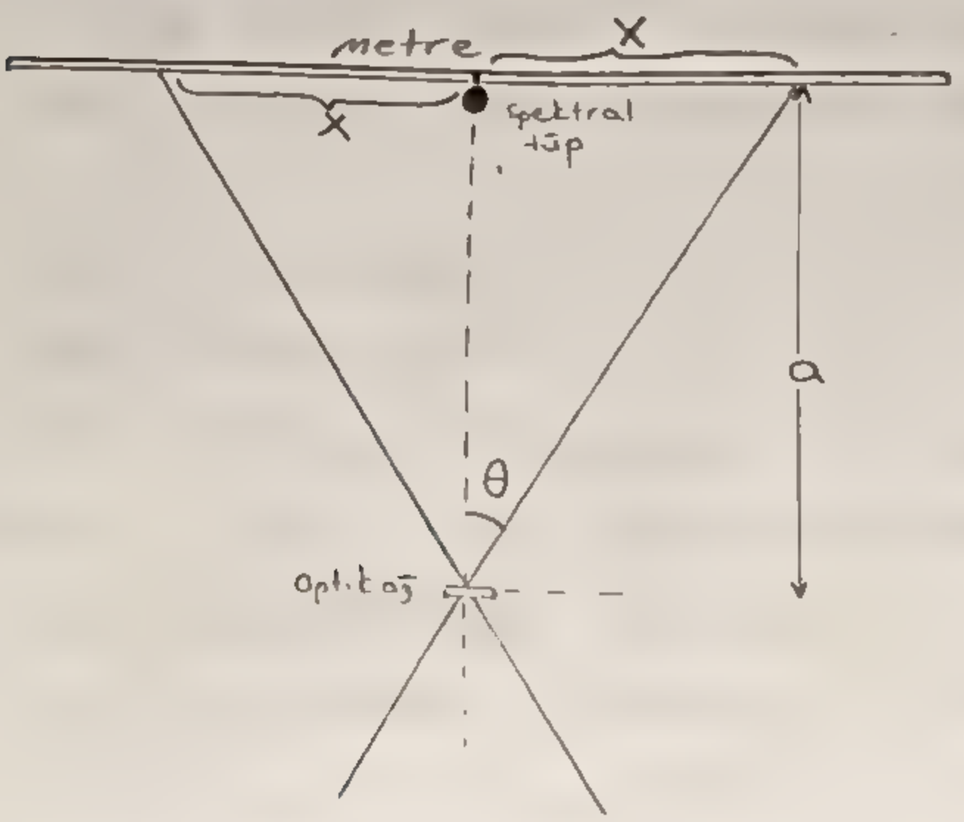
DENEYİN ADI: ATOM SPEKTRUMLARI

DENEYİN AMACI: H_2, He ve Hg atomlarının spektrumlarını inceleyerek bunların enerji düzeyleri ile ilgili ilişki kurmak;

Atom ve molekül spektrumları arasındaki farkı gözlemlemek

ÖLÇME ÇIZELGELERİ:

Bu deneyde sırası ile He ve Hg atomları ile H_2 molekülünün spektrum çizgilerini (H_2 için bandlarını) gözlemledik ve optik ağ ile bunların optik ağda görülen yerleri ile her rengin dalga boyu arasında bağıntı kurduk. Bu nedenle ölçme çizelgelerini vermeden önce ölçüm yöntemi üzerinde durmamız gerekiyor. Deney düzeneğimizin yerleşimi şekil-1 'deki gibiydi.



(Şekil 1)

Buradan 2x uzaklığı aynı renkteki 2 spektral 1. dereceden çizginin uzaklığını veren optik ağımızın 2 yarık arası uzaklığı D olmak üzere kırınım ağından geçen dalgaların max. oluşturma koşulu $D \sin\theta = \lambda$ olur.

Yine şekil-1 'den $\sin\theta = \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}$

bulunup bu değer bir önceki ifade de yerine konulursa $\lambda = D \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}$ bulunacaktır.

Biz sırası ile He, Hg ve H_2 spektrum tüplerini deney düzeneğimizde kullanarak 2x aralıklarını ölçtük. Bu değerler aşağıda verilmiştir;

He atomu için gözlenen spektrum çizgileri ve 2x uzaklıkları:

Renk	2x (mm)
Kırmızı	440
Sarı	383
Yeşil	320
Mavi	300
Mor	284

olarak ölçüldü. Hg atomu için gözlenen spektrum çizgileri ve 2x uzaklıkları:

Renk	2x (mm)
Kırmızı	404
Sarı	376
Yeşil	353
Mavi	311
Mor	275

olarak gözlendi. H_2 molekülü için ise band spektrumları gözlendi. Bu molekülle ait olan band spektrumları ile 2x değerleri yanda verildi.

Renk	2x (mm)
Kırmızı	432
Turuncu	398
Sarı	374
Yeşil	331
Mavi	295
Mor	281

Ayrıca optik ağın her mm'sinde 600 çizgi olduğu bilindiğinden $D = \frac{1}{600}$ 'den $D = 1,67 \times 10^{-3}$ mm olarak bulundu. Optik ağ ile cetvel arası uzaklık olan $a = 556$ mm olarak alındı.

HESAPLAMALAR:

Yukarıdaki veriler ve $\lambda = D \frac{x}{\sqrt{x^2+a^2}}$ formülü ile her renk için dalga boyunu buradan; $\nu = c/\lambda$ formülünden dalga boyundan frekansını çıkarmak mümkündü; ayrıca bu spektrumlara karşılık gelen yani bunları veren fotonların enerjisi enerji düzeyleri arasındaki farka eşit olacağından $\Delta E = h\nu$ değerini ve bu incelemeler görünür bölgedeki kısımda gerçekleştiğinden R Rydberg sabitini $R_\infty = \frac{(c/\lambda)}{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2}}$ formülünden bulduk. Burada $n_f = 2$ aldık emisyon görünür bölgede oluşan spektrumlarda $n = 3$'lar üst enerji durumlarından $n = 2$'ye karşılık gelen enerji durumuna düşerler. $h = 4.136 \times 10^{-15}$ eV.s alındı.

Yukarıdaki formülleri kullanarak He atomu için şu değerleri elde ettik: He atomu için;

Renk	Kırmızı	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor
λ (Å)	614	543	461	434	413
ν (s^{-1})	4.9×10^{14}	5.5×10^{14}	6.5×10^{14}	6.9×10^{14}	7.3×10^{14}
ΔE (eV)	2.03 eV	2.27	2.69	2.85	3.02
R_∞ (s^{-1})	3.512×10^{15}	2.95×10^{15}	3.10×10^{15}	3.11×10^{15}	3.16×10^{15}

R_∞ değerinin hesaplanmasında sırasıyla her renk için $n_i = 3$'den $n_i = 7$'ye kadar değer aldık. $R_{ort} = 3.17 \times 10^{15}\ s^{-1}$ olur.

Civa atomu için şu değerleri elde ettik:

RENK	Kırmızı	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor
λ (nm)	570	534	505	469	400
ν (s^{-1})	5.3×10^{14}	5.6×10^{14}	5.9×10^{14}	6.7×10^{14}	7.5×10^{14}
ΔE (eV)	2.20	2.32	2.44	2.77	3.10
R_∞ (∞^{-1})	3.78×10^{15}	3.00×10^{15}	2.83×10^{15}	3.00×10^{15}	3.27×10^{15}

n_i değerleri sırasıyla $n_i=3$ $n_i=4$ $n_i=5$ $n_i=6$ $n_i=7$ olarak alındı. $R_{ort} = 3.18 \times 10^{15}\ s^{-1}$ olur.

H_2 molekülü için şu değerleri elde ettik;

RENK	Kırmızı	Turuncu	Sarı	Yeşil	Mavi	Mor
λ(nm)	604	562	532	476	428	409
ν (s^{-1})	4.9×10^{14}	5.3×10^{14}	5.6×10^{14}	6.3×10^{14}	7.0×10^{14}	7.3×10^{14}
ΔE (eV)	2.03	2.19	2.32	2.61	2.90	3.02
R_∞ (∞^{-1})	3.58×10^{15}	2.85×10^{15}	2.69×10^{15}	2.86×10^{15}	3.05×10^{15}	3.13×10^{15}

n_i değerleri sırasıyla $n_i=3$ $n_i=4$ $n_i=5$ $n_i=6$ $n_i=7$ olarak alındı. $R_{ort} = 3.02 \times 10^{15}\ s^{-1}$ olur.

Ancak R_∞ değerlerini m^{-1} cinsinden bulmak bu değerin tablolarda bu şekilde verilmesinden dolayı daha uygundur. Bunun için;

$$R_\infty = \frac{1}{\lambda\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)}$$

formülünü kullanabiliriz. Bununla bulunan R_∞ değerleri ve ortalamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	He	H_g	H_2
Renk	R_∞ (m^{-1})	R_∞ (m^{-1})	R_∞ (m^{-1})
Kırmızı	1.17×10^7	1.26×10^7	1.19×10^7
Turuncu	Gözlenmedi	Gözlenmedi	0.95×10^7
Sarı	1.00×10^7	1.00×10^7	0.89×10^7
Yeşil	1.03×10^7	0.94×10^7	0.95×10^7
Mavi	1.03×10^7	1.00×10^7	1.02×10^7
Mor	1.05×10^7	1.09×10^7	1.04×10^7
R_∞(ort)(m^{-1})	1.06×10^7	1.06×10^7	1.01×10^7

YORUM: Bu deneyde atom spektrumlarının enerji düzeyleri ile olan ilişkisini inceledik. Ayrıca band ve çizgi spektrumlarını gözlemledik. e^-ların nicin belirli yörüngelerde kaldıklarını ve her yarıçapta bir yörüngede bulunamadıklarını öğrendik. Bir e^-'un çekirdeğe bağlı kalması için enerjisinin sıfırdan küçük (negatif) değer alması gerektiği üzerinde tartıştık. Bunun nedeni bir kuvvetin çekici (attractive) olması $E<0$ şartını gerektirmesidir. e^- ile çekirdek arasındaki kuvvet bir çekim kuvvetidir.

Bir e^- ancak ve ancak de Broglie dalga boyunun tamsayı değerlerine bölümü ile elde edilen yörünge uzunluklarında yer alabilir. Bu nedenle e^-'un yer alabileceği kararlı orbitaller (H atomu için)

$r_n = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2}$ ve $n=1,2,3\ldots$ ile verilir. En içteri orbit H atomunun Bohr yarıçapı olarak adlandırılır ve $a_0 = r_1 = 5.292 \times 10^{-11} m$'dir. Bu halde $r_n = n^2 a_0$ ile verilir.

Biz bu deneyde Civa ve Helyum atomlarında çizgi, H_2 molekülünde band spektrumu gözlemledik. Az yoğun gazların molekül ya da atomlarından oluşan bir ortamda bunların birbirlerinden ortalama olarak çok uzak olduğunu biliyoruz. Dolayısıyla bunların ikisinin etkileşimi ancak zaman zaman gerçekleşen çarpışmalarında olur. Bu halde herhangi bir yayınlanan ışının ayrı ayrı atom ya da molekülün karakteristiğini verir. Uyarılmış bir molekülün gaz ya da buharının spektrumu birçok ayrık ve yakın spektrum çizgilerinden oluşan band spektrumları içerir. Tıpkı deneydeki H_2 molekülünde olduğu gibi bu bandların orijini uyarılan moleküllerdeki atomların titreşim ve dönmelerindir

Atom spektrumlarındaki dalga boylarını veren spektrum çizgilerinin sayısı, parlaklığı ve yerleri sıcaklık, basınç, elektrik ve manyetik alanların varlığı ve kaynağın hareketine bağlıdır. Dolayısıyla bir spektrumdan incelenen elementin cinsinin yanı sıra fiziksel durumundan da ortaya çıkar. İşte bizde bu deneyde spektrumlar yardımı ile (Lit görünür bölgeye karşı gelen Balmer Spektral serilerini inceledik) incelediğimiz atom ve moleküllerin enerji düzeyleri arasından ilişki kurduk.

İlk olarak He atomu ile ilgili verileri ele alalım. Bulduğumuz dalga boyu değerleri 400 - 700 nm arasındaki görünür bölgede yer almaktadır. Ancak bulduğumuz değerlerle föyde verilen değerler arasındaki farkın nedenleri şunlar olabilir; ilk olarak ölçüm yaparken her iki taraftaki aynı renk spektrum çizgilerinin yerini belirlemek için kırınım ağına sabit bir noktadan bakmamak

hatanın en önemli nedeni olabilir. 2. olarak kırınım ağı sabiti d'den kaynaklanan sayısal değerden gelen bir hata ve yukarıda bahsettiğimiz gibi spektrum çizgilerinin sıcaklık ve çevredeki elektrik ve magnetik alanlardan etkilenmeleridir.

He için ΔE değerlerini bu atoma ait enerji düzeyi diyagramı ile karşılaştırarak her renk için hangi enerji düzeyleri arasında geçişlerin olduğuna karar verdik;

Kırmızı	$\Delta E = 2.03$ eV	$3^1D \rightarrow 3^1P$
Sarı	$\Delta E = 2.27$ eV	$3^3D \rightarrow 3^1P$
Yeşil	$\Delta E = 2.69$ eV	$3^3P \rightarrow 3^1S$
Mavi	$\Delta E = 2.85$ eV	$4^3S \rightarrow 2^3P$
Mor	$\Delta E = 3.02$ eV	$4^3D \rightarrow 1^3P$

geçişleri olmuştur bu verilere dayanarak.

Aynı işlemi civa için yaptık;

Kırmızı	$\Delta E = 2.20$ eV	$7^3S \rightarrow 6^3p$ (?)
Sarı	$\Delta E = 2.32$ eV	$6^3d \rightarrow 6^1p$
Yeşil	$\Delta E = 2.44$ eV	$8^1S \rightarrow 6^1p$
Mavi	$\Delta E = 2.77$ eV	$7^1S \rightarrow 6^1p$
Mor	$\Delta E = 3.10$ eV	$7^1S \rightarrow 6^3p$ (?)

% hata ?

geçişleri olabilir.

H_2 molekülü için ise;

Kırmızı: $\Delta E = 2.03$ eV — Turuncu: $\Delta E = 2.19$ eV

Sarı: $\Delta E = 2.32$ eV

Yeşil: $\Delta E = 2.61$ eV — Mavi: $\Delta E = 2.80$ eV

Mor: $\Delta E = 3.02$ eV olup geçişler açısal momentumun korunmamı amaç olur. Ancak tablolarda H_2 molekülü için enerji diyagramlarına rastlamadım. H atomu için olanlarsa tabi olarak elimizdeki ΔE değerleri ile uyuşmuyordu. Ayrıca geçişleri tablodan yaklaşık olarak bulduğumuzdan emin olmadığımız değerlerin (geçiş) yanına (?) işareti koydum.

Kaynakça: Concepts of Modern Physics, Arthur Beiser
Ch: 4 (Atomic Structure)
Ch: 7 (Many-Electron Atoms) Figure 7.19 – 7.20 ve 7.21

SORULAR VE CEVAPLARI

1- Hidrojen molekülü spektrumunda gözlediğimiz çizgilerin hidrojen atomunun değil de hidrojen moleküllerinin olduğuna nasıl güvenebiliriz? H atomundan gözlenebilecek ne gibi değişiklikler bekliyorsunuz.

H atomu olsaydı bizim band değil çizgi spektrumu gözlemiş gerekirdi. Oysa biz band spektrumu gözledik. Demekki bu H_2 molekülüymüş aynı zamanda elde ettiğimiz DE değerleri H atomunkilerle uyuşmuyordu. Bu da bizim H_2 molekülü incelediğimizin 2. kanıtıdır.

2- 2 kez iyonlu Li^{++} atomunun spektrumu hangi spektruma benzeyecektir? Görünür spektrum bölgesinde hangi geçişler olacaktır.

Li^{++} iyonunda tek e^- olduğundan spektrumu (H atomunkine benzeyecek ama çekirdeği He'den daha fazla (3) proton içerdiğinden e^-'a etkiyen kuvvetin hidrojenin e^-'una etkiyenden fazla olması nedeniyle spektrumda farklılıklar olacaktır

3- Görünür ışık fotonlarının enerjisi ile H_2 molekülünün ayrıştırılması için gereken enerji değerini karşılaştırınız.

H_2'nin bağlanma enerjisi 4.5 eV'tur. Demekki bu bağı kırmak için en az 4.5 eV'luk bir enerji sağlamalıyız. Görünür bölge 400-700 nm'lik alana karşı gelmektedir. Burada max enerjiye 400nm dalga boylu ışığın karşı gelecegi açıktır. $\lambda = 400$ nm için $\nu = 7.5 \times 10^{14}$ Hz olur. Buradan

$E = h\nu = 4.136 \times 10^{-15}$ (eV·s) $\times 7.5 \times 10^{14}$ (s^{-1}) $= 3.102$ eV'a eşit bir değer bulunabilir görüldüğü gibi bu enerji H_2'yi ayrıştırmaya yetmeyecektir

24.12.1993

DENEYİN ADI: ELEKTRONLARLA KIRINIM

DENEYİN AMACI: Elektronların dalga özelliğini kırınım olayı ile gözlemek;
Kırınım deseninden yararlanarak kullanılan polikristalin düzlemleri hakkında bilgi edinmek.

ÖLÇME ÇİZELGELERİ

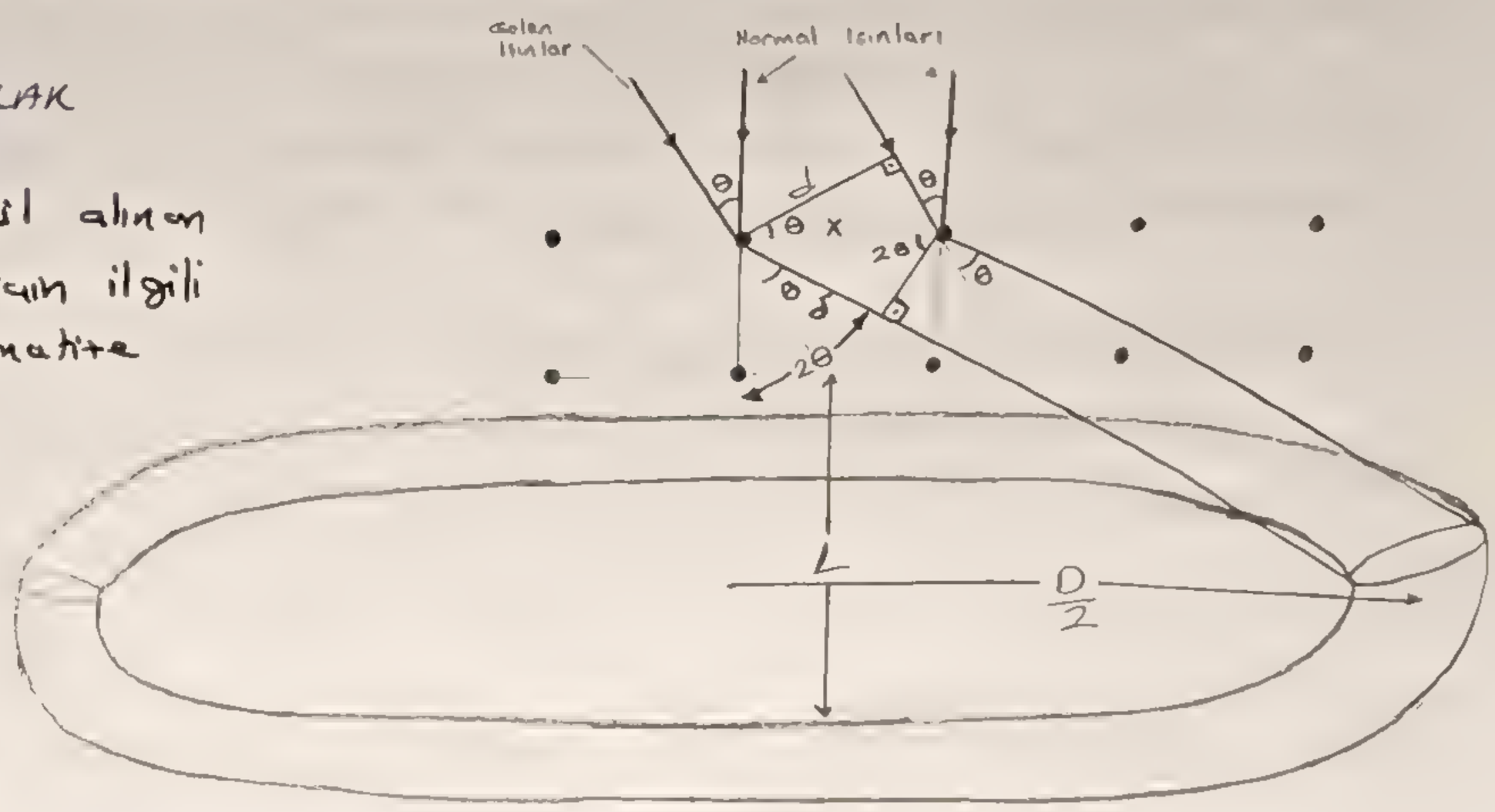
İlgili deney düzeneği ile elde edilen (farklı iki düzlem için) veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir

V_a (kV)	4.00	4.50	5.00	5.50	6.50	7.00	7.40
D (mm) [Dış halka]	41	39	37	35	32	31	31
D (mm) [İç halka]	24	22	21	20	19	18	18

Ayrıca kristal örnekle desenin gözlendiği yüzey arası uzaklık;
$L = 13.5$ cm olarak verildi.

HESAPLAMALAR

Yandaki şekil alınan bir düzlem için ilgili kesimleri şematize etmektedir.



Yukarıdaki şekilde bildiğimiz değerleri içerecek şekilde bir bağıntı oluşturalım. Bir L uzaklığını, D değerini ve hızlandırma gerilimini biliyoruz. Bu halde;

$\delta = x \sin 2\theta$ olur.

$d = x \cos\theta$ olup $\delta = 2x \sin\theta \cos\theta$ şeklinde yazılır ve $x\cos\theta$ yerine d koyarsak;

$\delta = 2d \sin\theta$ elde ederiz. Max şartını sağlarsak;

$\delta = 2d\sin\theta = n\lambda$ olur.

Ayrıca $\tan 2\theta = \frac{D}{2L}$ olur. θ çok küçükse $\tan\theta \approx \sin\theta \approx \theta$ alınabilir.

Bu halde $\theta = \frac{D}{4L}$ olur, bunu Bragg kosinüs yasasında yerine koyarsam; ve $n=1$ (1. mertebe) için işlem yaparsak;

$\theta = \frac{\lambda}{2d}$ ve eşitlersek $\frac{D}{4L} = \frac{\lambda}{2d}$ ve buradan $D = \frac{2L}{d}\lambda$

elde ederiz. $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ olup

$D = \frac{2L}{d}\frac{h}{\sqrt{2meV}}$ bulunur.

Bu halde

$D = \frac{2L}{d}\sqrt{\frac{h^2}{2me}}\frac{1}{\sqrt{V}}$ elde ederiz. Bu görüldüğü gibi burada $D \propto \frac{1}{\sqrt{V}}$'dir. D $\sqrt{V}$ ile ise ters orantılıdır. Hızlandırma gerilimi-nin arttırılması D'nin küçülmesine neden olur.

Bir $D = f(\frac{1}{\sqrt{V}})$ grafiğini çizersek eğim $\frac{2L}{d}\sqrt{\frac{h^2}{2me}}$'ye eşit olacaktır. Buradan d düzlemler arası uzaklığı bulabilmemiz mümkün-dür.

Aşağıdaki tabloda 2 ayrı halka için $\frac{1}{\sqrt{V}}$ değerleri yer almaktadır.

$1/\sqrt{V_a}$ $(kV)^{-1/2}$	0.50	0.47	0.45	0.43	0.39	0.38	0.37
D(mm) [dış halka]	41	39	37	35	32	31	31
D(mm) [iç halka]	24	22	21	20	19	18	18

Bu değerleri kullanarak çizdirdiğimiz $D = f(\frac{1}{\sqrt{V}})$ grafiklerinden dış halka için eğimi;

$$m = 83.33 \text{ mm} \cdot (kV)^{1/2}$$

iç halka için eğimi

$$m = 46.05 \text{ mm} \cdot (kV)^{1/2}$$ olarak bulduk.

Bu değerleri kullanarak düzlemler arası uzaklık d'ler bulunabilir.

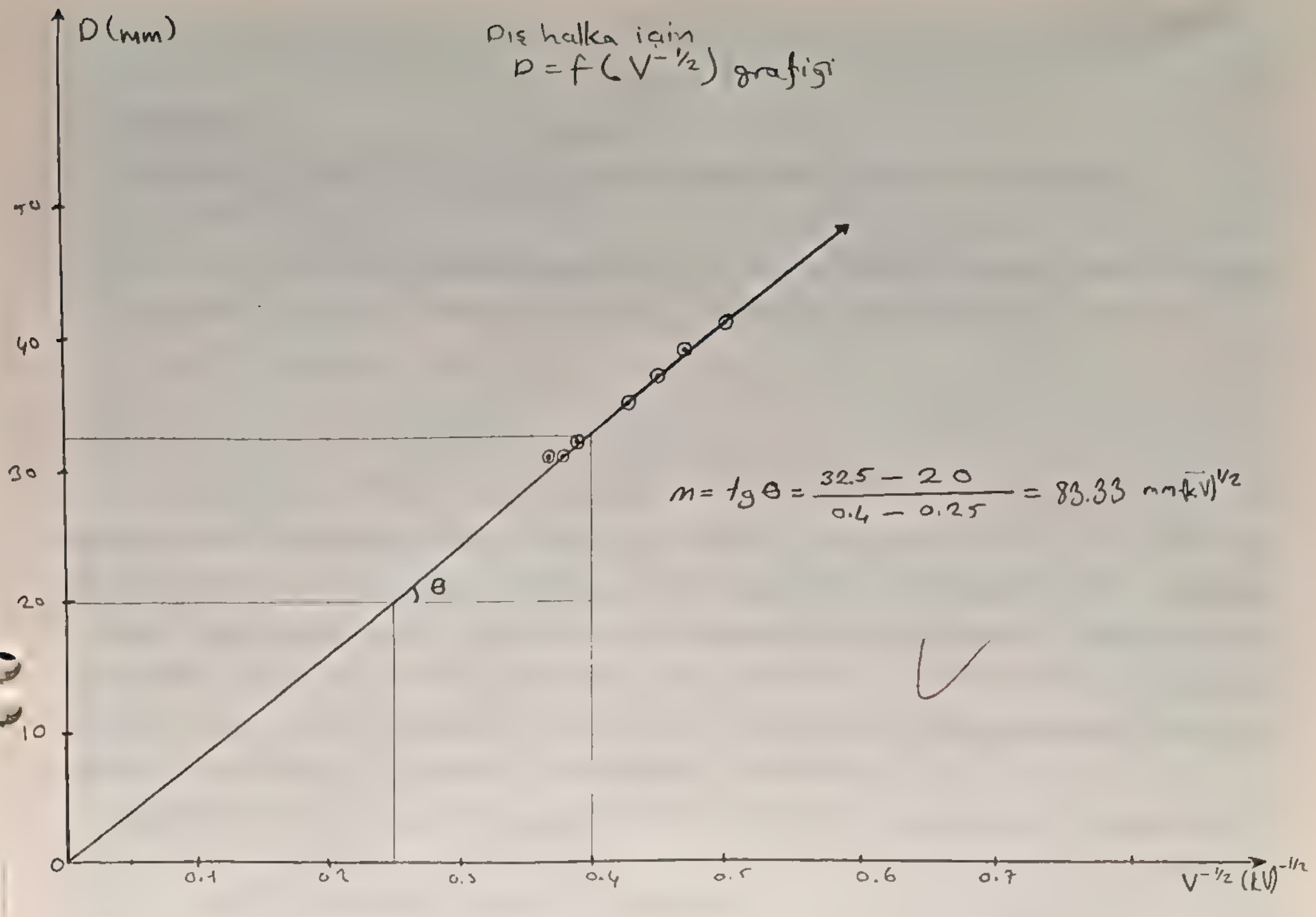
Dış halka için;

$$m = \frac{2L}{d}\sqrt{\frac{h^2}{2m_e e}}$$

$$d = \frac{2L}{m}\sqrt{\frac{h^2}{2m_e e}}$$

$$d = \frac{2\times 13.5\times 10^{-2}}{2.64}\sqrt{\frac{(6.626\times 10^{-34})^2}{2\times 9.1\times 1.6\times 10^{-50}}} = 12.6\times 10^{-11} m = 0.126 nm$$

Dış halka için
$D = f(V^{-1/2})$ grafiği



$$m = tg\theta = \frac{32.5 - 20}{0.4 - 0.25} = 83.33 \text{ mm}(kV)^{1/2}$$

İç halka için
$D = f(V^{-1/2})$ grafiği

$$m = tg\theta = \frac{18.75 - 10}{0.4 - 0.21} = 46.05 \text{ mm}(kV)^{1/2}$$

İç halka için;

$$d = \frac{2 \times 13.5 \times 10^{-2}}{1.46} \sqrt{\frac{(6.626 \times 10^{-34})^2}{2 \times 9.1 \times 1.6 \times 10^{-50}}} = 0.227 \text{ nm}$$ olarak bulunur. ✓

Ayrıca her bir hızlandırma gerilimi için e^-'lara karşı gelen De Broglie dalgasının dalga boyu aşağıdaki tabloda verilmiştir.

V (kV)	4.00	4.50	5.00	5.50	6.50	7.00	7.40
λ (pF)	19.4	18.3	17.4	16.5	15.2	14.7	14.3

YORUM: Bu deneyde e^-'ların dalga davranışlarını bir kristalde yaptığımız kırınım deneyi ile inceledik. Elde ettiğimiz deneyde 2 halka için inceleme yaptık ve bu deseni oluşturan e^- dalgalarının farklı kristal düzlemlerinde gerçekleşen kırınımlar sonucunda oluştuğunu gördük; düzlemler arası uzaklığın büyümesinin oluşan görünür halkaların D çapını azaltttığını bulduk.

Ayrıca V hızlandırma gerilimının artması dalga boyunun azalmasına neden oluyordu. Aynı şekilde bu durum D değerlerinin azalmasında neden oluyordu.

Eğer oluşan halkaların hepsi aynı düzlemden gelmiş olsaydı ortadaki parlak halkanın kenarlara doğru şiddetinin azalarak başka halkalarca eşlik edilmesini beklerdik.

Son olarak tek bir düzlemde olsaydı ve şiddeti daha küçük dalgalar görülen dairenin şiddetini değiştirmiyordu.

SORULAR VE CEVAPLARI:

1- Dalgaboyu 100 eV enerjili bir e^-'unkine eşit olan bir fotonun enerjisi ne kadardır? Böyle bir foton em. spektrumda hangi bölgede yer alır?

$100eV = 100 \times 1.6 \times 10^{-19}$ Jolur.

$1.6 \times 10^{-17} J = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = 5.93 \times 10^6$ m/s

$\lambda = \frac{h}{mv} = 123$ pm olur.

(Not: Bu soruda λ yı klasik mekanik yasalarını kullanarak bulduk. Çünkü hız düşük olduğundan görelilikle bulunacak sonuçla aralarında fark bir fark olmayacaktır.)

Fotonun dalga boyu 129pm imiş. $E = h\nu$ olup;

$E = h\frac{c}{\lambda} \Rightarrow E = 9.63$ keV olup gamma ışınları bölgesine düşer. (Hemen bakıyorum.

2) Isısal nötronun ($E_k = 3kT/2$) dalga boyu nedir?

$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ olup $\lambda = \frac{h}{m\sqrt{\frac{3kT}{m}}}$

$\lambda = \frac{h}{\sqrt{3kTm}}$ bulunur.

3) Katod maddesinin iş fonksiyonu e^- demetinin enerjisini ne şekilde etkiler? Hedefin iş fonksiyonunun bir etkisi varmıdır?

Katottan e^- koparan ısıtıl sıcaklığını sabit kabul edelim. Katot iş fonksiyonu ne kadar düşükse bu ısıl kinetik enerjinin o kadar az e^-'ları katottan koparmak için harcanacak ve kalan kısım e^-'ların ilk kinetik enerjisini oluşturacaktır. Ancak uyguladığımız hızlandırma gerilimi ile elde ettiğimiz kinetik enerjinin yanında bu küçük bir değerde kalmaktadır.

Hedef iş fonksiyonu farkları önemli değildir. Bunun küçük olması aslında iyidir. Bu halde buradan e^- sökülmeyecek ve inelastik çarpışma olasılığı artacaktır. Ancak e^- sökülse dahi bunların dalga boyları ile bitim asıl e^-'ların dalga boyları farklı olduğundan bunlar desen üzerinde bir etki yaratmazlar zaten doğrultularından çok farklıdır. Çok az perde ile aynı doğrultudan saçılır.

4) X-ışınları ile kırınım deneylerinde protonlardan yararlanılabilir mi? Bunun için gerekli proton enerjisi nedir? Burada e^- kırınımında görülmeyen ne gibi güçlükler vardır?

Bunun yapılması mümkündür. Bunun için gerekli olan foton enerjisi: (Dalga boyunun angstromlar mertebesinde olması istendiğinden:)

$1 \times 10^{-10} m = \frac{h}{mv}$ ve $m = 1.67 \times 10^{-27}$ kg olup

$v = 3967\ m/s$ ve $E = \frac{1}{2} m v^2 = 0.082\ eV$ olur.

İlk olarak tek tek proton elde etmek e^- elde etmekten daha zordur. Aynı-
zamanda bu derece az enerjili fotonları geçirdiği gibi odaklamak ve kristalden
etkileşimden geçmesini sağlamak güçtür.

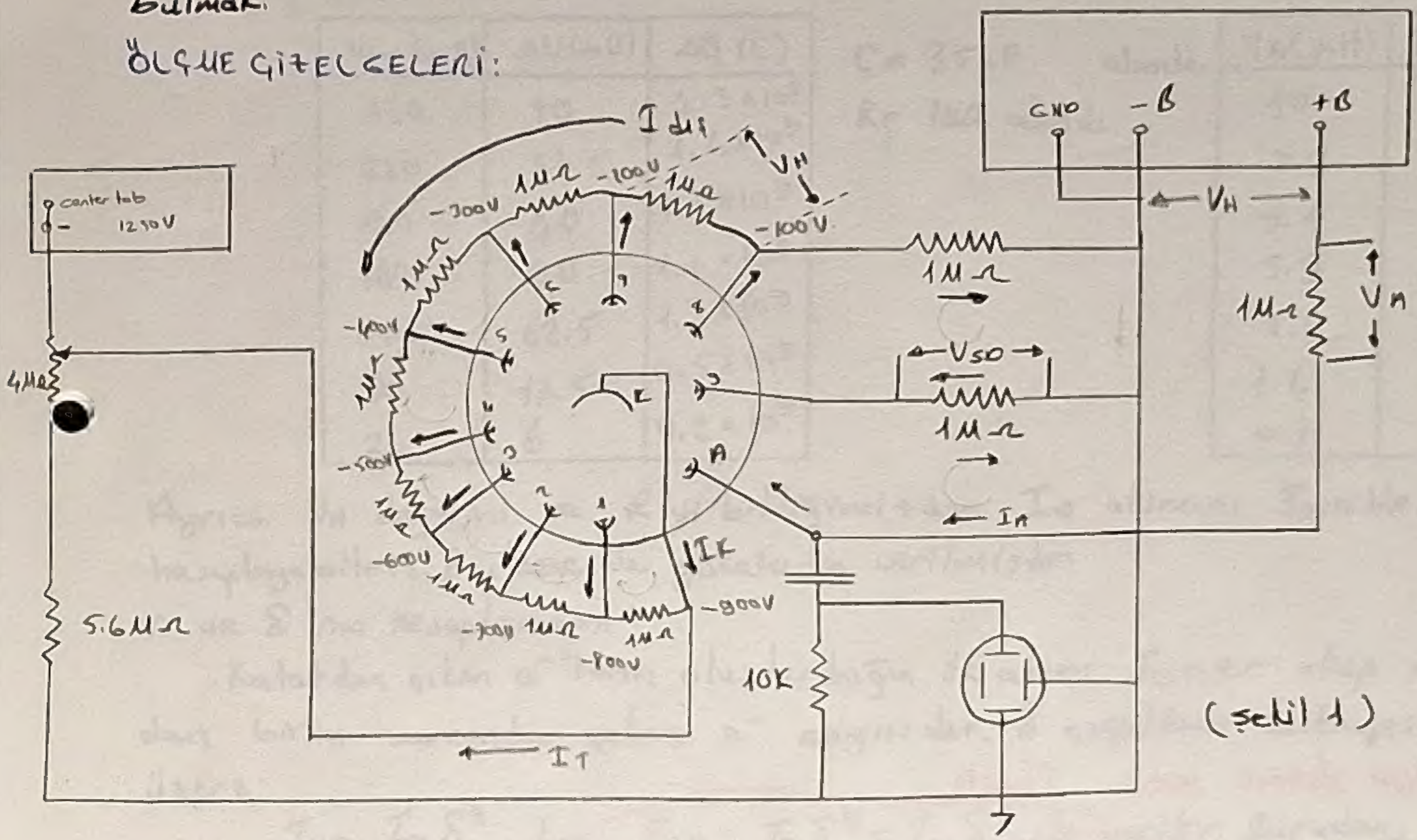
17.12.1993

(12)

DENEYİN ADI: Foto Çoğaltıcı ve Foton Gürültüsü

DENEYİN AMACI: Foto çoğaltıcı tüpü tanımak;
Foton gürültüsünü incelemek;
Dayınodların işlevlerini öğrenmek ve çoğaltma katsayılarını bulmak.

ÖLÇME GİTECEKLERİ:



(şekil 1)

Yukarıdaki devreyi kurduk. Tüm dirençlere (foto çoğaltıcı etrafındaki) 100 V düşecek şekilde gerilimi ayarladık. Diyagramı tamamen aşırak 1MΩ'luk direnç üzerinden 10μA'lik akım geçecek şekilde gerilimi 867V'a ayarladık.

Şekilde belirtilen yerlerden V_H'yi, V_{SO}'yi, V_A'yı ve V_{t-t}'i okuduk. Bu değerleri V_H'yi 5 V aşmalarak okuduk.

$V_{hızlandırma}$ (Volt)	V_A (Volt)	V_{sonD} (Volt)	V_{t-t} (mV)
100.	10.0	8.4	320
95	8.3	6.5	230
90	5.1	3.9	160
85	5.3	6.0	160
80	3.6	2.2	250
75	1.4	0.8	70
70	0.7	0.4	24

(Tablo 1)

GRAFİKLER VE HESAPLAMALAR:

ΔQ'nun Hesaplanması:

$\Delta Q = \frac{\Delta U}{C}$ ile verildiğinden ve ΔU gürültü değeri $V_{t-t}/4$ ile verildiğinden ΔQ değerlerini hesaplamamız mümkündür.

V_{t-t} (mV)	ΔU (mV)	ΔQ (C)
320	80	2.3×10^9
230	57.5	1.6×10^9
160	40	1.1×10^9
160	40	1.1×10^9
250	62.5	1.8×10^9
70	17.5	0.5×10^9
24	6	0.2×10^9

$C = 35\,pF$ alındı.

$R = 1M\Omega$ alındı.

V_A (Volt)	I_A (μA)
10	10
8.3	8.3
5.1	5.1
5.3	5.3
3.6	3.6
1.4	1.4
0.7	0.7

Ayrıca V_A değerini ve R'yi bildiğimizden I_A akımını $I_A = V_A/R$'den hesaplayabiliriz. Bu değerde yukarıda verilmiştir.

r ve δ'nın Hesaplanması:

Katottan çıkan e^-'lerin oluşturduğu ilk akım $I_0 = er$ olup r katottan birim zamanda çıkan e^- sayısıdır. δ çoğaltma katsayısı olmak üzere;

nasıl? devre üstünde açıklanmalı?

$I_A = I_0 \delta^9$ olup $I_{SO} = I_0 \delta^9 - I_0 \delta^8$ ile verilir. Buradan;

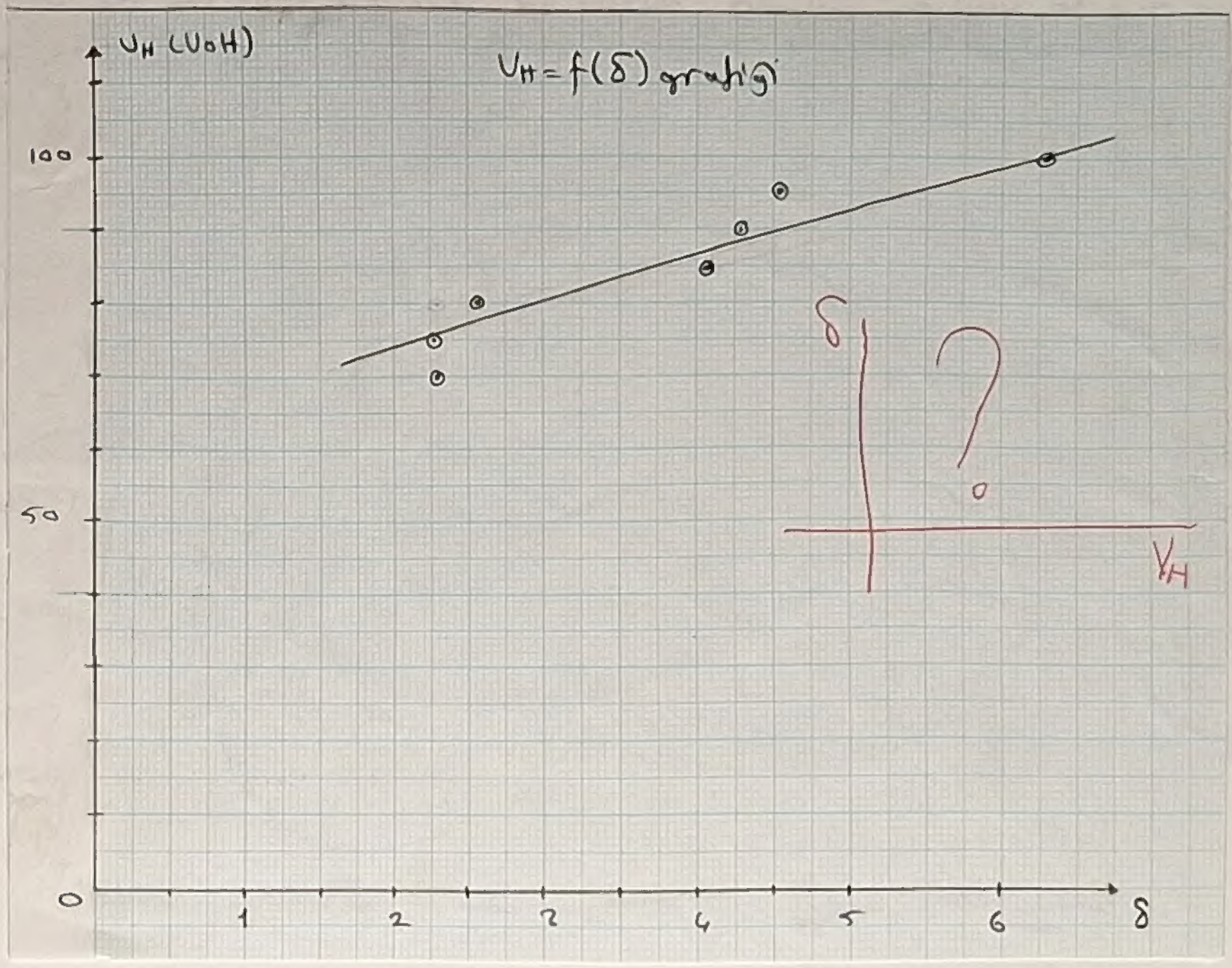
$\frac{I_{SO}}{I_A} = \frac{\delta - 1}{\delta}$ olup $\frac{RI_{SO}}{RI_A} = \frac{V_{SO}}{V_A} = \frac{\delta - 1}{\delta}$ 'den $\delta = \frac{V_A}{V_A - V_{SO}}$ bulunur. Ayrıca $I_A = er\delta^9$ ile verildiğinden birim zamanda (saniyede) çıkan e^- sayısı $r = \frac{I_A}{e\delta^9}$ ile verilir.

elektron.

U_A (Volt)	V_{SO} (Volt)	δ	I_A (M_A)	r (~~elektron~~/s)
10.0	8.4	6.3	10	4×10^9
8.3	6.5	4.6	8.3	6×10^{10}
5.1	3.9	4.3	5.1	6×10^{10}
5.3	4.0	4.1	5.3	4×10^{15}
3.6	2.2	2.6	3.6	4×10^{12}
1.4	0.8	2.3	1.4	5×10^{12}
0.7	0.4	2.3	0.7	2×10^{12}

δ'nın değişimi:

Farklı hızlandırma gerilimine karşı δ grafiğini çizersek $V_H = f(\delta)$ değişimini görmemiz mümkün.



Yorum: Bu deneyde foto çoğaltıcı ve fotonu görüntülemeyi inceledik. Hızlandırma gerilimlerinin artışının foto çoğaltıcıdaki dayınodların verimini arttırdığını gördük. Bunun nedeni elektronların kinetik enerjilerinin artması ile daha fazla e⁻ sökebilmeleridir. Ayrıca anod akımının V_H ile arttığını dolayısıyla δ ile arttığını gördük.

Bu tip devreler kullanılarak uzak yıldızlardan gelen ışıklar (fotonlar) arttırılarak daha iyi görüntüler elde edilebilir. Ya da bulut gece gözü dürbünlerinde askeri amaçlı kullanılabilir.

Eğer küçük volta) (dolayısıyla akım) değerlerinde çalışmak bu işlemleri yapmak istersek bu halde dayınod sayısını arttırmamız gerekir.

dedi??

SORULAR VE CEVAPLARI

1- Fotoyüzey etkinliği %5 ise bu şekilde atılan verimin ek bir gürültüye yol açmasına beklemelisiniz, yoksa bütün gürültü yukarıda hesaplanan değer kadarmıdır? Açıklayınız.

Hayır, beklemeyiz. Çünkü gürültünün nedeni birim zamanda salınan e^- sayısıdır ki bu da zaten her gelen fotona bir e^- salındığından ve fotonların %.5'inden verim alındığından foton sayısındaki artma yada azalma durumunda devirme %.5'i e^- koparacak ve değişiklik bu %5 'in gerçekleşecektir. Dolayısıyla yukarıdaki hesaplamalar doğrudur.

2- Osiloskobun giriş sığasından fotonun oluşturduğu gerilim atımı ne kadardır?

Atım saniyedeki e^- sayısı $\left(\frac{dq}{dt}\right)$ olduğundan bu halde bu tek foton tek e^- koparacağından $I = 1.6 \times 10^{-19}$ A olur. Bu halde sığadaki yük $Q = IRC$ olup $\Delta Q = \left(\frac{RC}{2r}\right)^{1/2} I$ olur.

$$\Delta U = \frac{\Delta Q}{C} = \left(\frac{R}{2rC}\right)^{1/2} I$$ ile verilir. Bir tek e^- artıtışından $\Delta U = \frac{10k\Omega}{2 \cdot 1 \cdot 35pF} 1.6 \times 10^{-19} = 22.9 \times 10^{-6} V = 22.9 \mu V$ olur.

3). ?

3.1.'84

A. Ömer KODOLBAŞ.